

Il s'agit d'étudier les techniques élémentaires de mesure basées sur l'utilisation d'un voltmètre et d'un oscilloscope. Cette étude sera approfondie au moyen d'analyses numériques sous MULTISIM. Plus précisément, les étudiants seront conduits à expérimenter ces techniques pour :

- *L'observation de signaux à l'aide d'un oscilloscope.*
- *La mesure des grandeurs liées aux signaux variables : Amplitude, valeur efficace.*
- *La vérification numérique des principes fondamentaux d'électricité.*

L'instrument de mesure le plus souvent sollicité d'un électronicien expérimentateur est sans aucun doute l'oscilloscope. En effet, mis à part ses performances en termes de « mesure », il offre aussi la possibilité d'une observation très confortable des signaux à analyser.

Or, la maîtrise de cet appareil sort du cadre de ce TP. Nous invitons donc nos étudiants à suivre quelques « modes opératoires » qui commencent par les réglages énumérés en annexe 0.

**Déroulement
du TP :**

*Les questions théoriques (marquées par *) sont à préparer avant la séance. L'annexe 1 récapitulant les mesures doit être remis aux enseignants à la fin de la séance et le compte rendu complet doit être déposé sur campus.efrei vendredi avant 23h55.*

Matériel :

- *Deux sondes oscilloscopiques.*
- *Un câble BNC-crocodile.*
- *Deux fiches à reprise arrière.*
- *Un logiciel de calcul : Multisim10*

I. MESURE D'UNE TENSION CONTINUE

MESURE A L'OSCILLO

1 pt.

- Q1.** Coupler les deux voies de l'oscilloscope en **mode GND** pour fixer les deux traces au centre de l'écran.
- Désactiver ce mode et coupler les deux voies de l'oscilloscope en **mode DC**.
 - Observer sur la voie 1 de l'oscilloscope la plus forte tension continue provenant du bloc d'alimentation.
 - Mesurer la plus grande tension continue délivrée par le GBF sur la voie 2 (OFFSET: actif ; NO SIGNAL).
 - Effectuer la même mesure en couplant la voie 2 de l'oscillo en mode AC, en mode DC et en mode GND.
 - Consigner les mesures dans le tableau fourni en annexe.

MESURE AU VOLTMETRE

1 pt.

- Q2.** Mesurer la même tension (limite du GBF) avec le voltmètre en mode DC et en commençant avec le calibre le plus élevé. Diminuer progressivement le calibre de l'appareil pour une précision optimale.
- Effectuer la même mesure en mode AC et reporter ces deux résultats dans le tableau récapitulatif.
 - Quelles sont les grandeurs physiques correspondant à chaque mesure (à l'oscillo ou au voltmètre)?
 - Rayer les mentions inutiles dans le tableau de l'annexe (*et attention aux pièges, réponses multiples...*).
 - Quel est l'instrument qui offre la meilleure précision ?

II. MESURE D'UNE AMPLITUDE ET D'UNE VALEUR EFFICACE

VALEUR MOYENNE VALEUR EFFICACE

La valeur efficace d'un signal correspond à la valeur d'une tension continue qui dissiperait la même puissance moyenne dans une résistance (par effet Joule). La puissance instantanée véhiculée par un signal $x(t)$ étant proportionnelle à $x^2(t)$, il convient alors de définir la valeur moyenne X_0 ainsi que la valeur efficace X_{EFF} d'un signal $x(t)$ comme suit :

$$X_0 = \langle x(t) \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T x(t) \cdot dt$$

$$X_{EFF}^2 = \langle x^2(t) \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T x^2(t) \cdot dt$$

La valeur efficace d'un signal peut donc être mathématiquement et à juste titre quantifiée par la racine carrée de la valeur moyenne de son carrée. Dans la littérature anglosaxonne, cette grandeur est désignée par la valeur « R.M.S » (Root-Mean-Square \equiv Racine-Moyenne-Carré).

CAS D'UNE SINUSOÏDE

1 pt.

Q3*. On considère une tension sinusoïdale de la forme $x(t) = X_M \cdot \sin(\omega \cdot t)$.

- Quelle est la valeur moyenne (niveau continu) X_0 de ce signal ?
- Déterminer l'expression de sa valeur efficace X_{EFF} en fonction de son amplitude X_M .

mesures
à l'oscillo

Q4. Coupler la voie 1 de l'oscilloscope en mode GND.

- Attaquer la voie 2 par un signal sinusoïdal sans niveau continu provenant du GBF (OFFSET=0) à 1kHz.
- Déclencher l'oscillo sur la voie2 (TRIG SOURCE: CH2)
- Mesurer l'amplitude maximale du signal sinusoïdal délivré par le GBF en mode AC, DC et GND.
- Consigner les mesures dans le tableau récapitulatif de l'annexe 1.
- Déclencher l'oscilloscope sur la voie 1 (TRIG SOURCE: CH1). Décrire l'observation.

1,5 pt.

...Et au voltmètre 1 pt.

Q5. Effectuer le même travail qu'en Q2 avec le signal sinusoïdal. Consigner les mesures (annexe 1).

SINUSOÏDE AVEC NIVEAU CONTINU

1pt.

Q6*. Considérons maintenant un signal de la forme $x(t) = X_0 + X_M \cdot \sin(\omega \cdot t)$ où X_0 désigne un niveau continu. Déterminer l'expression de sa valeur efficace X_{EFF} en fonction de son amplitude X_M et sa moyenne X_0 .

mesures
à l'oscillo

Q7. Coupler la voie 1 de l'oscilloscope en mode AC et la voie 2 de l'oscillo en mode DC.

- Injecter sur les deux voies un signal sinusoïdal d'amplitude 2Volt avec un niveau continu de 1Volt (OFFSET: actif). Reporter l'observation sur la fig.1 en conservant la même sensibilité pour les deux voies. Mesurer l'amplitude de la tension délivrée par le GBF.

1,5 pts.

1,5 pts.

Q8. La différence de ces deux traces, égale à X_0 peut être réalisée en plaçant l'oscillo en mode différentiel :

- Inverser la voie 2 (touche INV).
- Additionner les deux voies (touche ADD) pour obtenir le signal CH1 + (-CH2).
- Reporter cette observation. Consigner ces mesures dans le tableau fourni en annexe 1.

...Et au voltmètre 1 pt.

Q9. Effectuer les mêmes opérations qu'en Q2 pour le signal sinusoïdal présentant un niveau continu.

SIGNAL CARRE AVEC OFFSET

1 pt.

Q10*. La sortie TTL du GBF produit un signal logique qui prend les niveaux 0-5V à une fréquence programmable par l'utilisateur. Calculer sa valeur moyenne X_0 ainsi que sa valeur efficace X_{EFF} .

mesures
à l'oscillo

Q11. Injecter le signal TTL sur les deux voies de l'oscilloscope.

- Coupler la voie 1 de l'oscillo en mode DC et la voie 2 de l'oscillo en mode AC
- Reporter cette observation sur la fig. 2 en conservant la même sensibilité pour les deux voies.
- Mesurer l'amplitude de la tension délivrée par le GBF.
- Placer l'oscilloscope en mode différentiel et relever l'oscillogramme obtenu sur la figure 2.
- Effectuer pour le signal TTL les mesures au voltmètre telles qu'elles sont décrites en Q2.
- Consigner ces mesures dans le tableau de l'annexe 1.

2 pts.

...Et au voltmètre

III. LIMITES DE LA PRECISION DES MESURES

Les élèves seront conduits ici à mettre en évidence une erreur de mesure liée aux impédances mises en jeu par la source sous test, par l'appareil de mesure ainsi que par les imperfections linéiques (résistance, capacité) d'une liaison électrique nécessaire à une telle expérience.

En effet, en dehors des erreurs aléatoires, une précision optimale sur la mesure d'une tension suppose :

- Pour la source de tension : Une impédance de sortie nulle ($R_{OUT} \rightarrow 0$).
- Pour le voltmètre (ou l'oscilloscope) : Une impédance d'entrée infinie ($R_{IN} \rightarrow \infty$, $C_{IN} \rightarrow 0$).
- Pour le câblage : Une résistance nulle et une capacité nulle ($R_C \rightarrow 0$, $C_C \rightarrow 0$) par unité de longueur.

Les figures 4 et 5 modélisent la chaîne de mesure d'une tension. La tension effectivement mesurée V_M n'est donc jamais rigoureusement identique à celle de la source sous test V_S . Par ailleurs, les capacités mise en jeu agissant comme des court-circuit pour les fréquences très élevées (impédances $= 1/C\omega$), l'erreur de mesure s'aggraverait en HF.

1 pt

Q12*. Relever R_{OUT} , R_{IN} et C_{IN} à partir de la documentation des appareils.

- Déterminer l'expression et la valeur minimale de r et de C dans le modèle globale de la chaîne de mesure (fig5).
- Calculer l'expression de l'impédance équivalente à l'association en parallèle de R et de C et montrer que pour une fréquence donnée f , l'atténuation imposée par ce modèle s'exprime par :

$$A(f) = \frac{V_M}{V_S} = \frac{A(0)}{\sqrt{1 + (f/f_c)^2}}$$

$$\text{avec } f_c \approx \frac{1}{2\pi \cdot r \cdot C}$$

- Quelle est la valeur maximale de la fréquence de coupure f_c de la chaîne de mesure ?

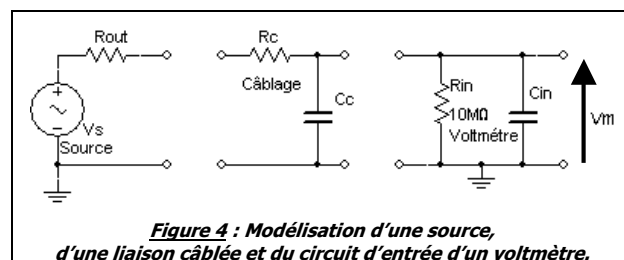


Figure 4 : Modélisation d'une source, d'une liaison câblée et du circuit d'entrée d'un voltmètre.

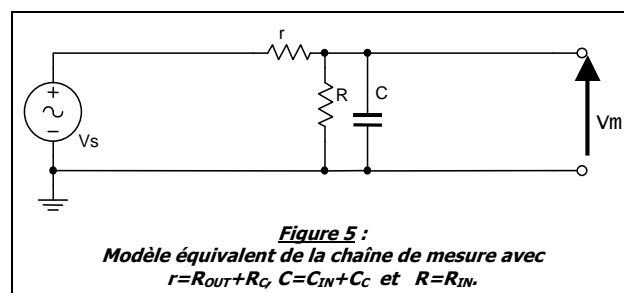


Figure 5 :
Modèle équivalent de la chaîne de mesure avec $r = R_{OUT} + R_C$, $C = C_{IN} + C_C$ et $R = R_{IN}$.

1,5 pts

Q13. Quelle est la valeur théorique de $A(f)$ pour $f = f_c$?

- **Mesurer** la fréquence de coupure de la chaîne de mesure terminée par le voltmètre numérique.
- Comparer cette mesure à sa valeur maximale estimée en Q12. Commentaires sur la qualité de la liaison.


IV. SIMULATION DE MESURES : MODELISATION D'UN CIRCUIT LINEAIRE

LE MODELE DE THEVENIN

2 pts.

Le circuit qui servira à cette étude est représenté sur la figure 6 où A et B désignent les bornes de sorties, et R_3 la charge du dipôle.



Q14. Laissons la charge R_3 de côté pour le moment et examinons le dipôle constitué par V_1 , V_2 , R_1 et R_2 .

- Télécharger le circuit M et observer la tension de sortie sur les deux voies de l'oscilloscope du logiciel avec la voie A couplée en mode DC et la voie B en mode AC.
- Mesurer son niveau continu V_{30} (à vide) ainsi que son amplitude V_{3M} (à vide). (Employer les curseurs)
- Eteindre les deux sources ($V_1 = 0$ et $V_2 = 0$) et mesurer à l'aide de la fonction  du multimètre la résistance présentée par les bornes A et B. Dédurre de ces expériences le modèle de Thévenin équivalent au circuit M.
- Mesurer le niveau continu V_{30} (en charge) ainsi que l'amplitude V_{3M} (en charge) de la tension de sortie lorsque celle-ci charge la résistance R_3 . Justifier ces résultats.

PRINCIPE DE SUPERPOSITION

1 pt.

Q15. Mesurer V_3 (en charge) à l'aide du Voltmètre de MULTISIM.

- Consigner les mesures obtenues en mode AC () et en mode DC ().
- Quelle est la grandeur physique correspondant à chaque mesure ?
- Comparaison avec les résultats de Q14.

CONSIDERATIONS ENERGETIQUES

1 pt.

Q16. Employer le Wattmètre du simulateur pour mesurer la puissance active (moyenne) \bar{P} dissipée dans une charge $R_3=3k\Omega$.

- Réaliser la même expérience pour $R_3=100\Omega$ et $R_3=680\Omega$.
- Consigner et commenter ces résultats numériques.
- Commenter qualitativement les variations de \bar{P} sans . Quelle est la résistance qui maximise la puissance dissipée dans la charge ?
- Justifier le câblage de l'instrument.

