

# La Mesure (F4DXU)

<http://pagesperso-orange.fr/F4DXU/>

La mesure d'une grandeur physique est un sujet très vaste et peut-être une procédure très complexe à mettre en œuvre.

## I - Quelques données générales :

la mesure précise nécessite l'utilisation d'appareil(s) de mesure étalonné(s) et ne peut être dissociée des erreurs commises par l'appareillage et(ou) par le manipulateur. Ces appareils subissent des contrôles et des étalonnages fréquents et réguliers auprès de services qualifiés qui possèdent des étalons pour chaque grandeur ; Volt, Ampère, Ohm, ROS, T°C pour les grandeurs qui nous concernent mais aussi débit, vitesse, accélération, masse, poids, viscosité etc.

En général le radioamateur n'a pas besoin d'appareils aussi sophistiqués et coûteux pour effectuer les mesures dont la précision peut être de plusieurs %, par contre il doit respecter certains principes de base pour que ses mesures soient valables.

Voici une liste non exhaustive des grandeurs physiques que le radioamateur peut-être amené à mesurer :

- tension d'alimentation
- courant de polarisation d'un amplificateur de puissance VHF que l'on veut rendre linéaire pour l'utilisation en BLU
- puissance délivrée par ce même amplificateur, valeur du ROS pour avoir une idée du fonctionnement du système antenne
- mesure de résistances, condensateur, inductance, diode et transistor bipolaire, etc.
- de la continuité d'une piste de circuit imprimé
- un simple court-circuit
- un dépannage, etc.

La mesure du ROS ne pose en principe pas de problème si l'appareil est inséré au bon endroit entre l'émetteur et le câble coaxial d'antenne. Suivant le type de rosmètre utilisé la mesure est immédiate et ne nécessite quelque fois pas de tarage, l'appareil faisant tout.

Attardons nous sur les mesures les plus courantes que peut effectuer un radioamateur soit : la tension, le courant et la résistance. Les appareils sont le voltmètre, l'ampèremètre, l'ohm-mètre et le multimètre qui peut effectuer au moins ces

3 mesures non simultanément. Parmi les multimètres il en existe deux types, le multimètre numérique à afficheur LCD et le multimètre analogique à aiguille. Là nous touchons un point sensible car il y a les pro analogiques et les pro numériques, en fait il faut choisir l'appareil en fonction, du mesurande<sup>1</sup>, du mesurage<sup>2</sup> et du QSJ.

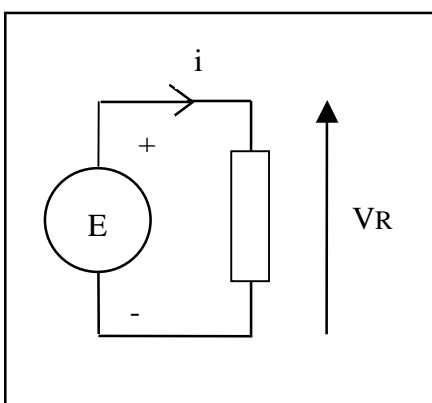


Figure 1

Voici quelques rappels (figure 1) : E est un générateur de tension qui débite dans une résistance R, en utilisant le sens conventionnel du courant qui va du + vers le -, un courant  $i$  sortant du générateur laisse un + et la flèche du vecteur tension  $V_R$  pointe sur ce +. Ce même courant sortant de la résistance laissera un - et le pied du vecteur tension  $V_R$  pointe sur ce -.

<sup>1</sup> Le mesurande : grandeur physique à mesurer

<sup>2</sup> Le mesurage : ensemble des opérations qui concourent à la connaissance de la valeur numérique du mesurande.

## II - La mesure de tension :

Avant d'effectuer cette action, voyons ce que représente la tension. Lorsque l'on mesure une tension, en réalité, on mesure une différence de potentiel (ddp). En effet,  $V_A - V_B = V_{AB} = E$  (figure 2)

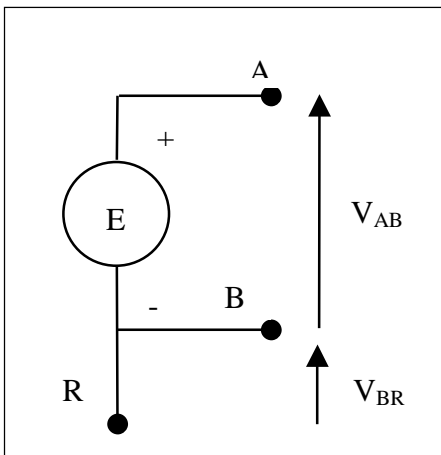


Figure 2

Dans ce cas,  $V_R = V_B = 0$  et  $V_B - V_R = V_{BR} = 0$ , le point B ou R sera la référence de la mesure (le fil noir du voltmètre en B ou R, le fil rouge étant en A). La question à se poser est la suivante: par rapport à quoi fait-on la mesure? L'exemple de la figure 3 est très parlant car on peut effectuer la mesure de plusieurs manières différentes. Si l'on s'y prend mal, le résultat ne sera peut-être pas celui escompté car la référence n'est pas la même dans les deux cas.

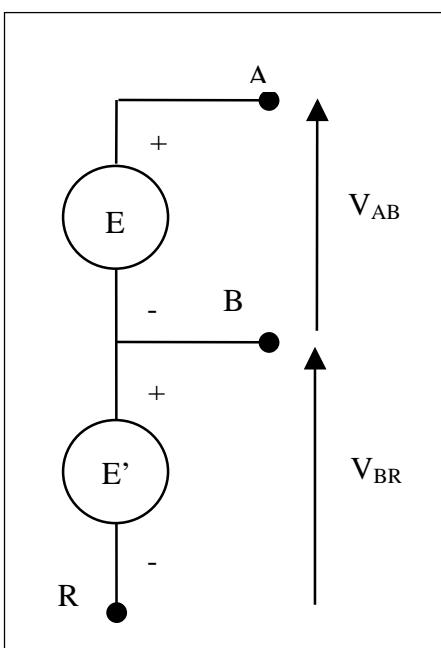


Figure 3

1<sup>er</sup> cas : La référence, fil noir du voltmètre est prise en R et le fil rouge est en A, la mesure donnée par le voltmètre sera :  $V_{AB} + V_{BR} = V_{AR} = E + E'$ . Si  $E'$  est une tension importante, il faut faire attention au choix du calibre.

2<sup>de</sup> cas : La référence, fil noir du voltmètre est prise en B et le fil rouge est en A, la mesure donnée par le voltmètre sera :  $V_{AB} = E$ . Notez que l'appareil de mesure sera référencé à  $E'$  qui peut être très importante donc faire attention à l'isolement de celui-ci.

Quelle est la bonne mesure? Je ferais une réponse de

Normand, « p'têtre bin la 1<sup>er</sup> ou la 2<sup>de</sup> ». Encore une fois tout dépend de ce à quoi l'on s'intéresse : E, E' ou les deux.

Si les générateurs de tension E et E' sont des sources sinusoïdales alternatives, VAR peut être différente de E+E' car ce n'est plus une somme algébrique mais une somme vectorielle qui dépend de la phase des signaux (Voir fonctionnement du rosmètre).

Toutes ces mesures peuvent être faites avec un voltmètre numérique ou analogique. La plus grande précision sera obtenue avec le voltmètre numérique, qui peut être de l'ordre de quelques unités sur le digit de poids faible (le digit des unités). Si l'on exécute la même mesure avec un voltmètre analogique on peut tout de même obtenir une bonne précision, si l'on prend soin de choisir le bon calibre pour obtenir une lecture presque pleine échelle. Avec ce type d'appareil la mesure peut-être entachée d'erreurs non négligeables à cause de l'épaisseur de l'aiguille et (ou) du parallaxe<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> parallaxe : Le mot parallaxe désigne le déplacement de la position apparente d'un corps, dû à un changement de position de l'observateur.

Sur la *figure 4* vous trouvez la représentation d'une alimentation double tension. Voyons comment les mesures peuvent être faites.

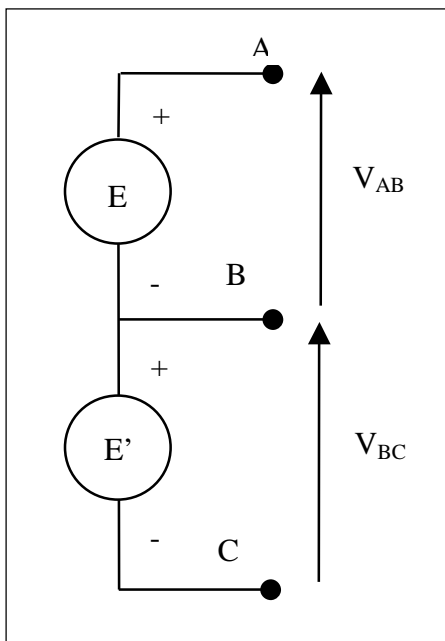


Figure 4

Si la référence de mesure est prise au point B (fil noir de voltmètre), la mesure au point A donnera  $+V_{AB}$  et au point C elle donnera  $-V_{BC}$ . Si la référence est prise en C alors la mesure au point B donnera  $+V_{BC}$  et au point A la mesure donnera  $+(V_{AB} + V_{BC})$ , encore une fois tout est question de référence. La valeur des potentiels des différents points est inconnue mais pour la mesure de la différence de potentiel cela n'a aucune importance sauf si l'opérateur s'intéresse à la constitution d'une pile par exemple ou tout autre document concernant l'électrochimie.

Le parallèle peut être fait entre l'électricité et l'hydraulique, le potentiel correspond à la hauteur et le courant au débit. Comme dit précédemment, si les tensions sont alternatives et sinusoïdales, ce sont d'autres lois qui s'appliquent.

Le choix de l'appareil de mesure à une grande importance. Pour mesurer des tensions continues il n'y a pas trop de problèmes car que l'on parle de tension crête, moyenne ou efficace c'est la même chose. Pour les tensions alternatives sinusoïdales c'est très différent. La mesure de la tension du réseau EDF est un bon exemple, la valeur efficace = 220V (240V à l'heure actuelle), la valeur moyenne = 0V, la valeur crête =  $220 * \sqrt{2} = 311V$ . Il faut aussi tenir compte de la bande passante de l'appareil de mesure, en effet un multimètre ne sera pas forcément à même de mesurer au delà du 50Hz. Si de plus le signal est alternatif mais non sinusoïdal, la mesure est fautive sauf si

l'on applique un coefficient appelé facteur de forme. Exemple : pour connaître la valeur efficace du signal à la sortie d'un redressement bi alternance ( pont de Greatz) il faut corriger la mesure de la valeur moyenne par  $\frac{\pi}{2 * \sqrt{2}}$ . Pour une autre forme de signal le facteur de forme, comme son nom l'indique, sera différent. Heureusement, les appareils de mesure modernes sont capables d'effectuer des calculs très compliqués en des temps très courts, ce que sont incapables de faire les appareils à aiguille classique. Ces appareils d'ancienne génération possèdent tout de même des qualités. Si l'on effectue la mesure d'une tension continue superposée avec une tension alternative de faible fréquence et d'amplitude non négligeable, ce type d'instrument est tout à fait adapté car les mouvements de l'aiguille permettront d'apprécier la valeur crête à crête de la variation et la valeur moyenne de l'ensemble du signal.

Un appareil numérique a un temps de rafraîchissement de l'affichage qui est non négligeable et même si il est capable de faire des mesures précises, il affichera des valeurs fluctuantes et incohérentes. Le voltmètre numérique à une impédance d'entrée de plusieurs dizaines de Mégohms, c'est un avantage pour ne pas perturber une mesure précise mais dans certains cas il est souhaitable que le voltmètre consomme un peu de courant comme le voltmètre analogique qui présente une impédance beaucoup plus faible et qui est dépendante du calibre choisi.

Voici deux exemples :

- Lorsqu'une pile est usagée mais pas complètement détruite il est préférable d'utiliser un voltmètre analogique. Sur la *Figure 5*, E représente la tension à vide (générateur de Thévenin) alors que Rg représente la résistance interne qui augmente lorsque la pile est usagée. Si l'on effectue la mesure avec un voltmètre numérique qui ne consomme pas de courant on conclura que la pile est neuve. A l'inverse, la même mesure faite avec un appareil analogique nous permettra de conclure que la pile est usagée. C'est évidemment la deuxième mesure qui permettra de juger de l'état de la pile.

- Certains appareils comme les téléviseurs modernes possèdent deux masses séparées. Là encore il est préférable de ne pas utiliser le voltmètre numérique. Les deux masses peuvent être à des potentiels très différents à cause de charges électrostatiques sur l'une des masses. L'utilisation du voltmètre analogique est conseillée car sa faible résistance interne permettra le vidage de ces charges et de vérifier qu'il n'y a pas de fuites galvaniques entre les masses. Pour éviter l'accumulation de charges électriques les deux masses sont connectées entre elles par une résistance de forte valeur qui les ramènera à un potentiel identique.

Le choix de l'appareil de mesure n'est donc pas qu'une affaire de goût ou de nostalgie.

### III - La mesure de courant :

Tout ce qui vient d'être dit sur l'interprétation de la mesure peut être appliquée à la mesure du courant à l'exception de la manière de faire. Il y a deux façons de mesurer un courant.

#### 1) Sans ouvrir le circuit :

Pour pouvoir faire cette mesure (cas simple, *Figure 5*) il faut qu'il y ait dans le circuit une résistance qui se situe sur le chemin de la mesure et que l'opérateur connaisse la loi d'Ohm :  $VR = R * I$ .

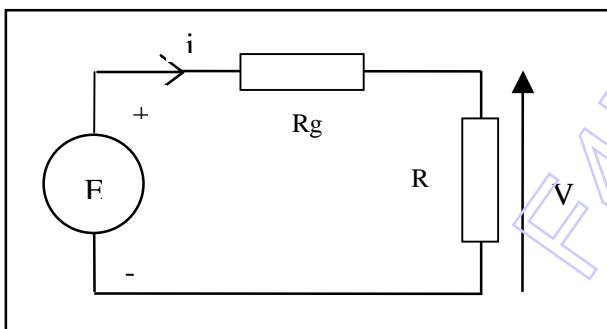


Figure 5

Etant donné que l'on connaît la valeur de la résistance et qu'il est possible de mesurer la tension à ses bornes, le problème est résolu :  $I = \frac{VR}{R}$ . La mesure du courant se résume à une mesure de tension. Si cette

résistance est absente on peut en intercaler une de faible valeur pour ne pas perturber le fonctionnement du circuit mais pas trop petite pour ne pas perdre la dynamique de la mesure. C'est d'ailleurs comme cela que fonctionne un ampèremètre.

#### 2) En ouvrant le circuit :

Prenons le cas d'un ampli VHF (*figure 6*) que l'on veut rendre linéaire (préoccupations actuelles) pour une utilisation en BLU. Dans ce cas on intercale l'ampèremètre en série dans la ligne d'alimentation.

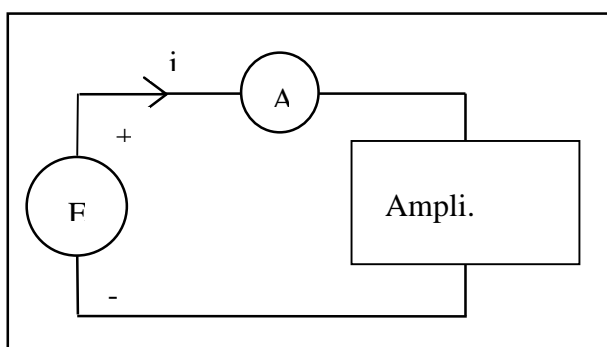


Figure 6

Pour obtenir la valeur du courant de polarisation de l'amplificateur il faut d'abord s'assurer qu'il n'y a pas d'excitation VHF et pas de courant de polarisation. On effectue une première mesure du courant que l'on peut

qualifier de tare (identique à une pesée pour enlever le poids des plateaux). La deuxième mesure du courant se fera avec le courant de polarisation toujours sans excitation VHF. Il n'y a plus qu'à effectuer une simple soustraction de ces deux valeurs pour obtenir la valeur du courant de polarisation.

#### IV - La mesure de résistance, inductance, condensateur, diode

##### 1) Résistance :

La mesure de la résistance (*Figure 7*) ne pose pas de problème particulier. Les appareils numériques sont beaucoup plus précis que leurs équivalents analogiques. Il est tout de même fortement conseillé de dessouder au moins un côté de l'élément à mesurer et cette remarque est valable quelque soit l'élément car les autres composants environnants peuvent gravement perturber la mesure et dans le cas de la recherche d'une panne on peut passer à côté.

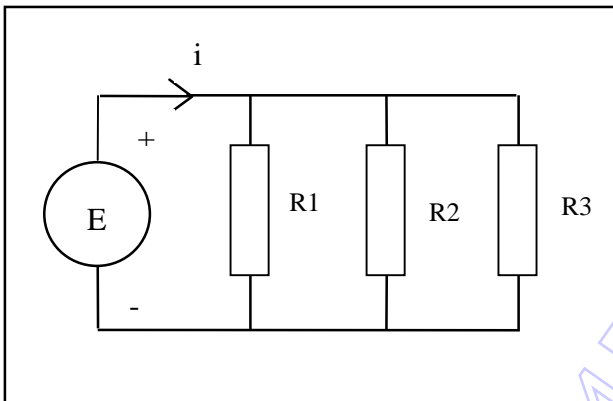


Figure 7

Voici un cas typique pour lequel on ne peut pas mesurer directement la résistance  $R_2$  pour deux raisons :

- il y a deux résistances ( $R_1$  et  $R_3$ ) en parallèle sur  $R_2$  donc l'ohmmètre mesurera la résistance équivalente des trois en parallèle.
- pour qu'un ohmmètre puisse faire sa

mesure il ne faut surtout pas que le montage soit alimenté donc il faut prendre soin d'ouvrir les sources de tension.

Lorsque l'on mesure la continuité des pistes d'un circuit imprimé, il faut le faire lorsque rien n'est câblé.

##### 2) Inductance :

Ce qui a été dit précédemment concernant les précautions à prendre pour effectuer des mesures correctes est aussi valable pour les inductances. Une inductance, du point de vue ohmique, n'est qu'un simple fil de cuivre dont la longueur peut-être très courte (une spire ou moins) ou très longue (quelques dizaines de milliers de spires) donc il faut aborder la mesure avec précaution. A diamètre de fil égal, 1cm de cuivre est très très peu résistant comparé à une longueur de cuivre de 200m. Avant d'effectuer la mesure de sa résistance, il faut avoir une idée du diamètre du fil est de sa longueur. Si on a des doutes sur sa valeur ohmique il reste la mesure du coefficient de self induction ( Henry) qui se mesure avec un inductance mètre.

##### 3) Condensateur :

A l'inverse de l'inductance, la capacité ou condensateur ne laisse pas passer le courant continu. On peut tout de même avoir quelques indications avec un ohmmètre. Si la valeur lue est 0 ohm cela signifie que quelque soit le type de condensateur, il est en court-circuit. Il est préférable d'utiliser un ohmmètre à aiguille pour observer une

éventuelle charge d'un condensateur si sa valeur est relativement importante ce qui donne une indication imprécise de son état. Certain type de condensateur comme les électrochimiques peuvent changer de valeur de manière importante avec le temps, dans le jargon de l'électronicien on dit qu'il a séché en faisant référence à son électrolyte qui devient solide. Enfin pour tout type de capacité, la mesure précise de la valeur en Farad s'effectue avec un capacimètre. Certains multimètres numériques modernes possèdent cette fonction.

Le condensateur, quelque soit le type, est capable de stocker de grande quantité d'énergie sous des différences de potentiel qui peuvent être très élevées. La précaution obligatoire à prendre avant toute mesure ou toute manipulation d'un condensateur est sa décharge. Si sa valeur et sa tension de charge sont élevées, il y a risque de choc électrique pour le manipulateur ou destruction de l'appareil de mesure. Enfin un condensateur électrochimique ne supporte pas une inversion de polarité, cela fini presque toujours par une explosion, par des projections de produits chimiques (électrolyte), des milliers de confettis et quelques objets métalliques volants et non identifiés.

#### 4) Diode et transistor bipolaire :

Les diodes comme les transistors bipolaires peuvent se mesurer avec un ohmmètre. Les transistors bipolaires comme les diodes se mesurent de la même manière. Pour simplifier je ne citerai que les diodes. Les matériaux les plus couramment utilisés sont le germanium et surtout le silicium mais il y a aussi l'arséniure de gallium entre autres. Ces composants sont unidirectionnels c'est à dire que le courant ne peut circuler que dans un sens, de l'anode vers la cathode pour le sens conventionnel. Dans le sens passant, la mesure avec un ohmmètre analogique donnera environ une centaine d'ohms suivant le type de semi-conducteur, avec un ohmmètre numérique la valeur atteint 2 à 3 Mégohms ; dans le sens inverse la diode est bloquée et la mesure est identique à celle d'un circuit ouvert quelque soit le type de voltmètre. Dans le sens passant les mesures ne sont pas très significatives car elles sont très différentes d'un type d'appareil à l'autre. Les multimètres numériques modernes possèdent une fonction spéciale pour ce type de mesure. C'est un générateur de courant qui fait circuler un courant dans l'élément à mesurer et le voltmètre interne mesure la tension au bornes de cet élément (diode ou transistor). En mesurant ces tensions on peut avoir une idée du matériau semi-conducteur utilisé et de l'état du composant. Cette tension, pour un composant en état de fonctionnement, est de l'ordre de 0.3V pour le germanium et 0.7V pour le silicium.

Ces quelques lignes n'ont pas la prétention de tout expliquer sur « la mesure », c'est surtout le côté pratique que j'ai voulu mettre en évidence.

Bonne lecture  
F4DXU