

Comment ça marche ?

Les circuits réactifs

6 - Mesure de l'impédance (1)

Par le radio-club F6KRK

Après avoir disserté sur les réactances et défini l'impédance, nous allons poursuivre avec la mesure d'une impédance inconnue.

Mesure de l'impédance

On peut classer les systèmes de mesures d'impédance en quatre catégories :

- Mesure par comparaison avec les ponts dérivés du pont de Wheatstone (recherche d'un équilibre)
- Mesure indirecte basée sur la résonance (Q-mètre)
- Mesure directe de la magnitude et de la phase (impédance-mètre)
- Mesure directe du déséquilibre d'un pont ou d'un coupleur directif (VNA)

Mesure par comparaison

Le système est manuel et utilise un pont de mesure dérivé du pont de Wheatstone dont le principe est basé sur les lois de Kirchhoff. Il est résumé sur la figure 1.

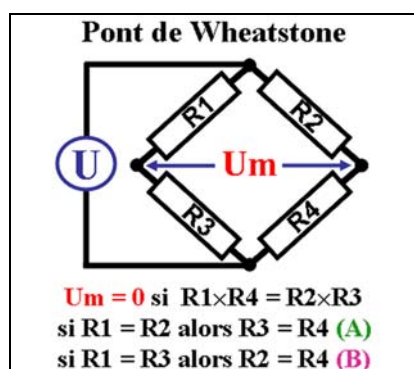


Figure 1

Adapté aux impédances, le système consiste à prendre pour U un générateur HF et à détecter un nul pour U_m à l'aide d'un récepteur plus ou moins sélectif. Si nous remplaçons R4 par une impédance inconnue, l'équilibre du pont (U_m nulle) sera obtenu pour une impédance identique à la place de R2, si R1 et R3 sont égales. Si leurs valeurs sont dans un rapport K, les impédances complexes étalon et mesurée, seront dans le même rapport. Cela permet plusieurs gammes de mesures sans changer les composants étalons.

Il existe de nombreux ponts dérivés du pont de Wheatstone, les principaux sont représentés sur la figure 2.

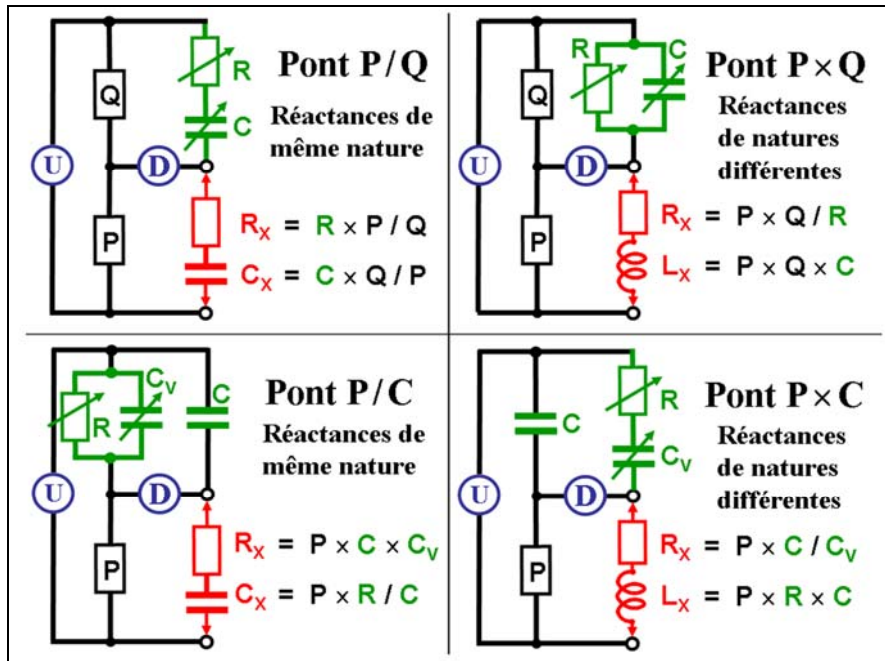


Figure 2

Noter que nous avons ici des ponts de mesure d'impédance. Pour obtenir des ponts d'admittance, il suffit de remplacer les circuits série par des circuits parallèles et *vice versa*.

Tous ces ponts ont été "inventés" pour réduire la partie matérielle, éviter l'utilisation de bobines ⁽¹⁾ et augmenter la plage de mesure de l'impédance. Nous avons sur la figure 3 deux exemples de réalisations pratiques.

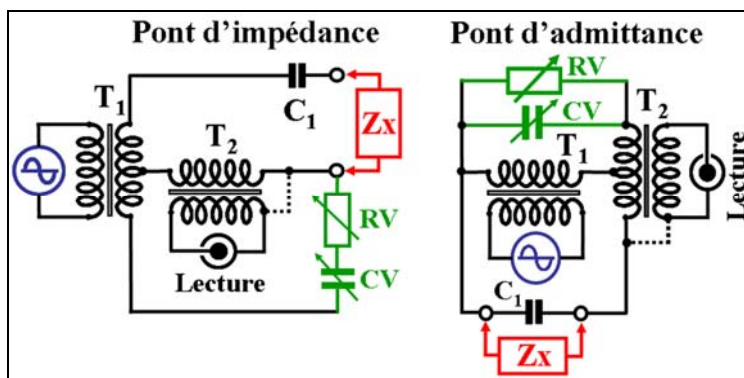


Figure 3

Les condensateurs C_1 permettent de mesurer des réactances inverses, c'est-à-dire que la variation de CV correspondra à une plage de réactances selfiques et capacitives. Nous avons ici la configuration (A) de la figure 1 pour le pont d'impédance et la configuration (B) pour le pont d'admittance. Dans les deux cas, les résistances égales sont remplacées par un transformateur. Les rapports P/Q (gamme de mesure) sont obtenus avec des prises sur ces transformateurs. Les schémas se compliquent beaucoup quand on ajoute les commutations de gammes et encore plus pour des ponts universels (impédance et admittance).

On peut mesurer des admittances (circuit parallèle) avec un pont d'impédance (circuit série), et inversement, mais il est nécessaire d'appliquer les formules de la figure 4 pour obtenir la correspondance "physique" des valeurs mesurées.

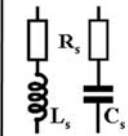
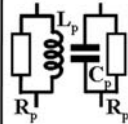
Pont d'impédance			Pont d'admittance	
Circuit	Mesure	Réalité	Mesure	Réalité
	R, C ou R, L	R_s = R C_s = C L_s = L	G, C ou G, L $Q = \frac{\omega L}{G} = \frac{1}{\omega GC}$	$R_s = \frac{1}{G \times (1 + Q^2)}$ $L_s = L / (1 + \frac{1}{Q^2})$ $C_s = C \times (1 + \frac{1}{Q^2})$
	ou R, C R, L $Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega RC}$	R_p = R × (1 + Q²) L_p = L × (1 + 1/Q²) C_p = C / (1 + 1/Q²)	G, C ou G, L	R_p = 1/G C_p = C L_p = L

Figure 4

L'utilisation des ponts de mesure d'impédance est plus que centenaire et perdure encore de nos jours quand on veut un système simple et bon marché. Son principal inconvénient est qu'il est manuel et très lent pour l'obtention d'une courbe, comme par exemple l'impédance d'une antenne en fonction de la fréquence.

Dans le prochain comment ça marche nous continuerons avec le Q-mètre et l'impédance-mètre.

La Rubrique "Comment ça marche" est une activité collective du radio-club F6KRK (<http://www.f6krk.org>). Pour une correspondance technique concernant cette rubrique : "f5nb@ref-union.org".

Notes.

- (1) La self induction d'une bobine change avec la fréquence, ce qui n'est pas le cas d'un (bon) condensateur qui garde en HF et VHF sa valeur en continu (à partir des UHF, des problèmes liés à la technologie commencent à apparaître).