

Schéma de montage pratique de mesure du facteur de qualité Q d'un transducteur

par Michel BRISSAUD, Lucien EYRAUD
et Henri KLEIMANN,
I.N.S.A., Villeurbanne.

Introduction.

Dans un précédent article (Détermination du facteur de qualité d'éléments oscillants), nous avons décrit la méthode permettant de trouver les valeurs exactes des paramètres du schéma équivalent d'un transducteur au voisinage d'une fréquence de résonance propre, à partir de la détermination de son facteur de qualité. Nous nous proposons ici de décrire l'appareillage et le montage utilisés pour effectuer ces mesures.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

a) Détermination de l'admittance (ou de l'impédance).

Pour effectuer le tracé des diagrammes d'impédances et d'admittances de l'élément vibrant, on utilise un ensemble synthétiseur de fréquence et analyseur de réseau.

Le synthétiseur permet d'avoir un balayage en fréquence par pas calibrés depuis une fréquence minimale jusqu'à une fréquence maximale. Ces deux fréquences sont choisies et préréglées pour encadrer au mieux la courbe de résonance du transducteur d'impédance inconnue $z(\omega)$ fonction de la fréquence.

L'impédance inconnue $z = R + jX$ (1) est insérée dans un pont constitué par les trois résistances P , Q et r et l'impédance z .

Si u est la tension à la sortie du synthétiseur (fig. 1), on a :

$$u_A = u \frac{Q}{P + Q} = au \quad (2) \quad \text{avec} \quad a = \frac{Q}{P + Q} \quad (3)$$

$$u_B = u \frac{r}{r + z} \quad (4) \quad \text{avec} \quad z = \frac{1}{y} = \frac{1}{g + jb} \quad (5).$$

Synthétiseur de
fréquenceAnalyseur de
réseau (HP)

Calculateur

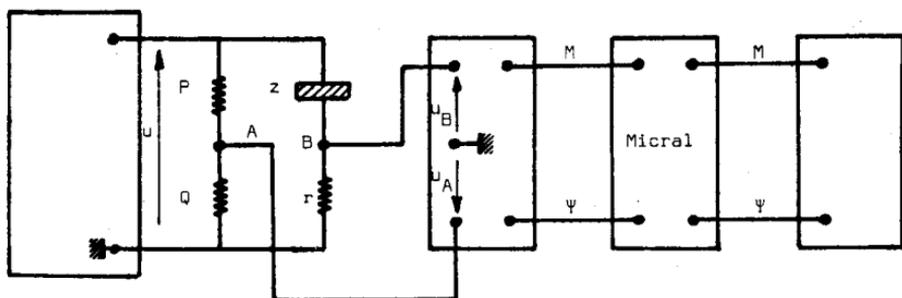
Table
traçante (HP)

Fig. 1. — Schéma du montage.

L'analyseur de réseau calcule les valeurs :

$$\left\{ \begin{array}{l} M = \left| \frac{u_B}{u_A} \right| \quad (6) \text{ module de } u_B \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi = \text{Arc tg } \frac{u_B}{u_A} \quad (7) \text{ argument de } u_B \quad \Psi = \arg u_B. \end{array} \right.$$

$$\text{Posons } Y = \frac{1}{r+z} = G + jB \quad (8) \text{ on a également } \Psi = \arg Y \quad (9)$$

à cause de (2) et (4).

$$M = \frac{1}{a} \left| \frac{1}{r+z} \right| = \frac{r}{a} \left| Y \right| \quad (10)$$

Si on a r petit devant la partie réelle de $z = R + jX$, soit : $r \ll R$ (11), on a directement :

$$\left\{ \begin{array}{l} = \arg Y = \arg y = \arg \frac{1}{z} = \varphi \quad (12) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{avec } \text{tg } \varphi = \frac{b}{g} \quad (13) \quad M = \frac{r}{a} |y| \quad (14) \end{array} \right.$$

D'où l'on tire :

$$M = \frac{r}{a} |Y| = \frac{r}{a} \sqrt{G^2 + B^2} \quad (15) \text{ avec } \begin{cases} G = \frac{Ma}{r} \cos \Psi \\ B = \frac{Ma}{r} \sin \Psi \end{cases} \quad (16)$$

et comme :

$$Y = \frac{1}{r+z}, \quad r+z = \frac{1}{Y} = \frac{G-jB}{G^2+B^2} = r+R+jX \quad (17)$$

$$R = \frac{r \cos \Psi}{aM} - r \quad (18)$$

$$X = \frac{r \sin \Psi}{aM}$$

$$\text{on aurait également : } y = \frac{1}{z} = g+jb = \frac{R-jX}{R^2+X^2} \quad (19)$$

$$\text{d'où : } g = \frac{Ma}{r} \frac{\cos \Psi - aM}{1+a^2M^2-2aM \cos \Psi} \quad (20)$$

$$b = -\frac{Ma}{r} \frac{\sin \Psi}{1+a^2M^2-2aM \cos \Psi} \quad (21)$$

Pour chaque valeur de la fréquence, le calculateur fait l'acquisition de M et Ψ puis, à partir des relations (18) et (20) détermine les valeurs de $R(\omega)$ et $X(\omega)$ d'une part puis $g(\omega)$ et $b(\omega)$ d'autre part.

Lorsque r est négligeable devant z , ce qui est généralement le cas, les relations se simplifient et deviennent :

$$Y = y = G + yB = g + yb$$

$$\Psi = \varphi.$$

$$g = \frac{Ma}{r} \cos \varphi \quad (22)$$

$$b = -\frac{Ma}{r} \sin \varphi$$

$$R = \frac{r}{Ma} \cos \varphi \quad (23)$$

$$X = \frac{r}{Ma} \sin \varphi$$

b) Détermination des éléments du schéma équivalent.

Le dispositif expérimental précédent donne directement les évolutions de l'admittance et de l'impédance du transducteur en fonction de la fréquence. Il détermine et imprime également la

valeur de la fréquence $f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ qui correspond au maximum de la partie réelle de l'admittance.

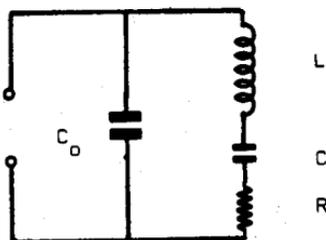


Fig. 2. — Schéma équivalent du transducteur.

Pour cette fréquence, le transducteur est équivalent à une capacité C_0 en parallèle avec une résistance R . L'admittance est alors :

$$y = g + jb = \frac{1}{R} + jC_0\omega_s = \overline{OH} + \overline{OK} \quad (24)$$

d'où :

$$R = \frac{1}{\overline{OH}}$$

(25)

et :

$$C_0 = \frac{\overline{OK}}{\omega_s}$$

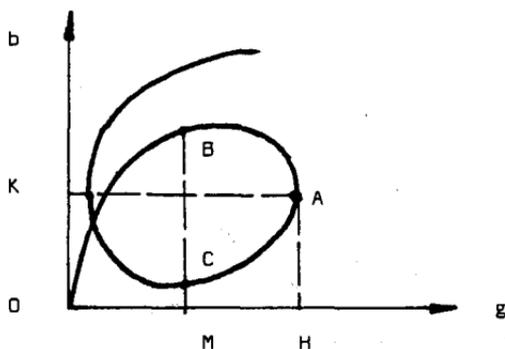


Fig. 3. — Courbe d'admittance.

Le système détermine ensuite les valeurs des fréquences f_1 et f_2 pour lesquelles la partie réelle de l'admittance est égale à la moitié de sa valeur maximale soit : $OM = \frac{OH}{2}$. Il calcule ensuite le facteur de qualité Q_m de la branche motiionnelle :

$$Q_m = \frac{L\omega_s}{R} = \frac{f_1}{f_2 - f_1} \sqrt{1 + \frac{f_2 - f_1}{f_1}} \quad (26)$$

On en déduit alors :

$$L = \frac{RQ_m}{\omega_s} \quad (27)$$

et :

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_s L} \quad (28)$$

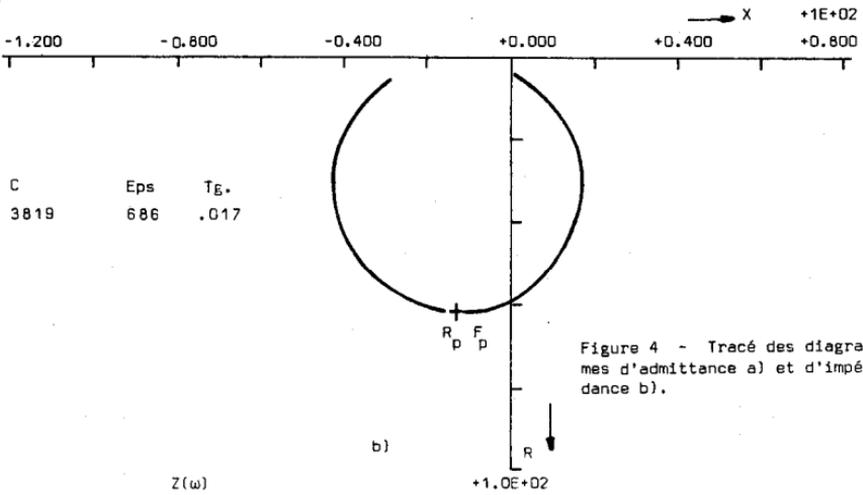
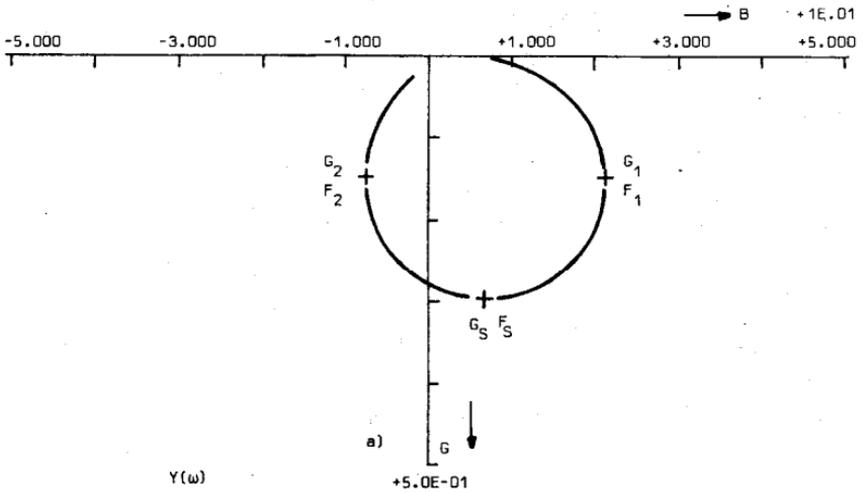
On détermine enfin le coefficient de couplage k pour le mode considéré par la relation :

$$k^2 = \frac{C}{C_o + C} \quad (29)$$

On peut également déterminer C et k à partir de la fréquence d'antirésonance f_p qui correspond au maximum de la partie réelle de l'impédance, soit :

$$f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C_o C}{C_o + C}}} \quad (30)$$

GS	2969840	Q	26.2
FS	3284010	K	.463
G1	1486330	Kt	.424
F1	3224522		
G2	1480140		
F2	3350045		
Rp	61.53		
Fp	3565235		



C	Eps	TG.
3819	686	.017

Figure 4 - Tracé des diagrammes d'admittance a) et d'impédance b).

Fig. 4. — Tracé des diagrammes d'admittance a) et d'impédance b).

Résultats.

Le calculateur permet le tracé automatique des courbes d'admittance et d'impédance et pointe les quatre fréquences f_s , f_p , f_1 , f_2 nécessaires au calcul des paramètres du schéma équivalent de l'élément oscillant (fig. 4).

Pour chacune des fréquences, il imprime les valeurs de Q_m et k . Il est également possible d'imprimer toutes les valeurs des parties réelles et imaginaires de y ou de z en fonction de la fréquence.
