



LES TRANSDUCTEURS DES SONARS MODERNES

ÉTUDE D'UNE ANALOGIE MÉCANIQUE-ÉLECTRIQUE

par

Otto BRANDT *

Chef de la division transducteurs au Laboratoire de Détection Sous-Marine du Brusc.

Le transducteur que nous allons considérer est constitué par un pavillon avant P , une contre-masse arrière M , un empilement E . Cet empilement comporte des plaques actives en céramique piézo-électrique et des électrodes inertes (Fig. 1).

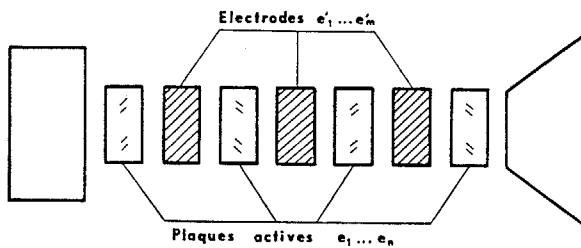
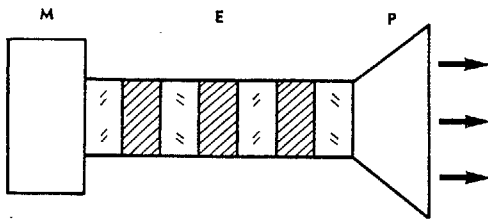


FIG. 1. — Transducteur piézoélectrique.

Admettons en première approximation que P et M forment des masses sans élasticité et E un ressort sans masse.

Pour représenter le circuit mécanique, nous choisissons les symboles suivants :

Masse :		m
Élasticité :		e
Force :		F
Résistance mécanique :		r

Il faut insister sur le fait que ces symboles, empruntés à l'électricité, désignent ici des grandeurs purement mécaniques.

Le circuit mécanique est alors celui de la figure 2. Sur ce schéma, la grandeur fondamentale v_1 désigne la vitesse qui traverse la résistance de rayonnement r_1 ; ces deux grandeurs déterminent la valeur de la puissance acoustique émise, P , par le produit $P = v_1^2 \cdot r_1$.

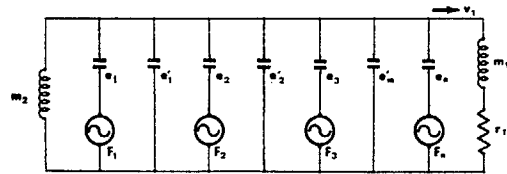


FIG. 2. — Circuit mécanique.

Par analogie, on voit que l'on peut identifier ce réseau à un réseau électrique, et, par conséquent, lui appliquer les relations bien connues des réseaux électriques.

D'après le théorème de Millman (*), on a :

$$F = \frac{\sum_1^n F_n \cdot j\omega e_n}{\sum_1^n j\omega e_n + \sum_1^m j\omega e'_m + Y}$$

avec :

$$Y = \frac{1}{r_1 + j\omega m_1} + \frac{1}{j\omega m_2}$$

Ces relations permettent de simplifier le réseau. Envisageons d'abord un réseau formé par trois circuits. Nous appellerons « nœud » l'endroit du ressort où la vitesse oscillatoire est minimum (Fig. 3).

Soient v_1 , v_2 , v_3 les vitesses qui parcourent les trois circuits.

D'après le théorème de Maxwell, on obtient :

- (1) $v_1 [Z_a + Z_1] - v_3 F_a + 0 = F_a$,
- (2) $-v_1 Z_a + v_3 [Z_a + Z_b] - v_2 Z_b = F_b - F_a$
- (3) $0 - v_3 Z_b + v_2 [Z_b + Z_2] = -F_b$.

Ces équations permettent de calculer les vitesses v_1 (pavillon), v_2 (contremasse), et v_3 (nœud).

On peut poursuivre la simplification du réseau et le transformer en un ensemble de deux circuits ; puis dans une dernière étape, le réduire finalement à un circuit unique (Fig. 4).

* Attaché aux services techniques de l'Armée.

(*) *Proc. of the I. R. E.*, sept. 1940, p. 413.

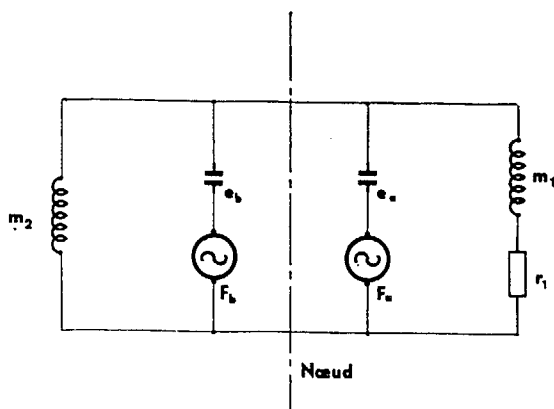


FIG. 3. — Réseau formé par trois circuits.

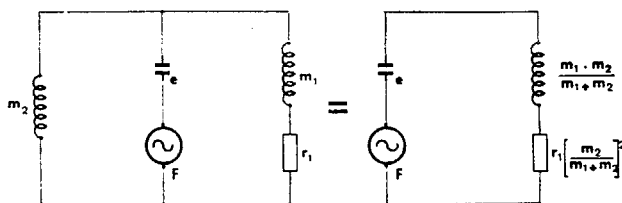


FIG. 4. — Circuit équivalent au réseau.

En admettant que les plaques actives piézo-électriques soient identiques, on a :

$$F_1 = F_2 = \dots = F_n.$$

D'après le théorème de Millman, on a :

$$F = \frac{F_1}{\sigma}$$

et

$$e = \sum_1^n e_n + \sum_1^m e_m,$$

où :

$$\sigma = \frac{e}{\sum_1^n e_n} = \frac{\text{élasticité totale}}{\text{élasticité active}}.$$

Le facteur σ est une grandeur primordiale dans la construction d'un transducteur.

En se rapportant à la figure 4, on trouve que le facteur Q a pour expression :

$$Q = \frac{\omega_0 m_1}{r_2} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_2}.$$

On voit que, pour obtenir une grande largeur de bande, il faut que la masse m_1 soit très faible et que m_2 soit très lourde. Ainsi, certains transducteurs sont munis d'une contremasse en alliage de tungstène ($\rho = 17,5$).

Cependant, en ce qui concerne le pavillon, on se heurte à de plus grandes difficultés lorsqu'on veut le rendre très léger ; en effet, il doit rester suffisamment rigide tout en ayant une grande face parlante, afin d'éviter les mouvements de vibrations en flexion, mouvements que l'on désigne sous le nom de « papillonnage ».

L'étude de ce phénomène est faite au moyen d'une méthode récente basée sur l'holographie par laser.

Notons aussi que la représentation du transducteur par les réseaux mécaniques étudiés ci-dessus n'est pas exhaustive et peut s'étendre à différents systèmes ; citons, par exemple, le cas du transducteur fixé par l'intermédiaire d'une suspension élastique, celui du montage avec tiges de précontrainte, etc.

Les approximations que nous avons faites sont évidentes ; nous avons négligé l'élasticité répartie dans le ressort. On peut évidemment améliorer la précision en introduisant certaines corrections.

Mais, finalement, ces réseaux s'appliquent très bien aux transducteurs du type représenté sur la figure 1, les masses m_1 et m_2 étant prépondérantes devant celle du ressort.