

T H E O R I E



Eurelec-

COURS DE RADIO PAR CORRESPONDANCE

Cette leçon se rapporte à différents sujets, traités séparément en raison de leur importance, et qui, quoique n'ayant pas de liaison entre eux, demandent une attention soutenue.

COEFFICIENT DE SURTENSION DES BOBINES

Si l'on construit deux bobines sur un même support, par exemple de forme cylindrique, et que, pour l'enroulement, on utilise deux types de fil de même diamètre, mais de matériau différent (l'un de nickel-chrome et l'autre de cuivre argenté), on obtiendra deux bobines à nombre égal de spires.

Elles auront, pratiquement, une inductance égale parce que l'inductance dépend du nombre des spires, de la perméabilité du noyau intérieur (dans notre cas, de la perméabilité de l'air) et des dimensions des bobines ; ces éléments étant égaux dans les deux bobines, l'inductance sera la même. Cette valeur d'inductance identique pourrait faire penser qu'une bobine peut être construite avec un

fil quelconque. Cela n'est pas vrai et, on en aura une preuve immédiate en utilisant les deux bobines décrites précédemment pour un même récepteur à galène.

Le récepteur muni de la bobine en fil de cuivre argenté recevra les émissions avec une forte intensité et sélectionnera convenablement les différentes stations, alors que le récepteur équipé de la bobine en nickel-chrome n'aura ni sensibilité ni sélectivité.

Il en découle que, dans la construction d'une bobine, la qualité du matériau est un facteur important. Mais cela n'est pas encore suffisant.

Introduisons la bobine dans un blindage métallique pour éviter les effets d'induction avec d'autres parties du circuit : on peut remarquer que les caractéristiques de la bobine changent considérablement. Pour pouvoir comparer les bobines entre elles, sur la valeur de l'inductance, et sur leur qualité, il est nécessaire d'introduire un coefficient qui exprime la qualité d'une bobine, pour un fonctionnement normal.

Ce coefficient appelé Facteur de qualité ou COEFFICIENT DE SURTENSION, est le rapport entre la réactance inductive (" $L\omega$ ") et la résistance (" R ") à la fréquence de fonctionnement.

Désignons par "Q" ce coefficient, nous aurons :

$$Q = \frac{L \omega}{R}$$

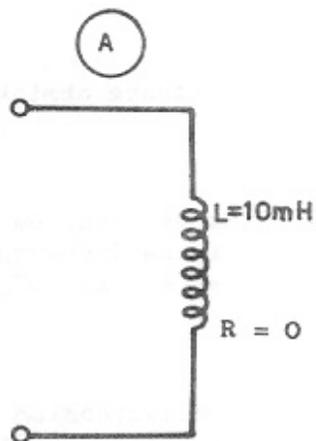
La résistance "R" n'est pas seulement la résistance ohmique du fil, mais elle représente toutes les pertes de la bobine.

Dans la valeur "R" on tient compte de l'effet de peau, de l'effet de voisinage des spires, et, aussi, des pertes dues au voisinage d'éventuels écrans, de la présence de noyaux ou de spires en court-circuit. La valeur de "Q", pour des bobines bien construites, peut monter à 150 et même 200.

Quand on dit qu'une bobine a un coefficient de surtension égal à 100, cela veut dire que, la réactance inductive est 100 fois plus grande que la résistance représentée par toutes les pertes de la bobine.

Observons la Fig. 1-, on peut voir les schémas de trois bobinages.

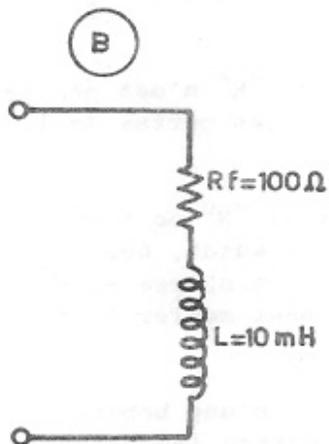
Dans le schéma "A", on a une bobine parfaite, sans aucune perte, avec un coefficient de surtension infini.



$$f = 100 \text{ KHz.}$$

$$X_L = 2\pi fL = 6280\Omega \therefore L\omega$$

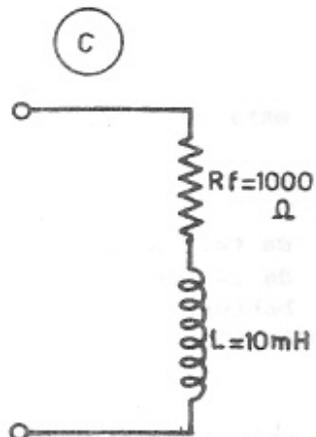
$$Q = \frac{L\omega}{R} = \frac{6280}{0} = \infty (\text{infini})$$



$$f = 100 \text{ KHz.}$$

$$X_L = L\omega = 6280$$

$$Q = \frac{L\omega}{R} = \frac{6280}{100} = 62,80$$

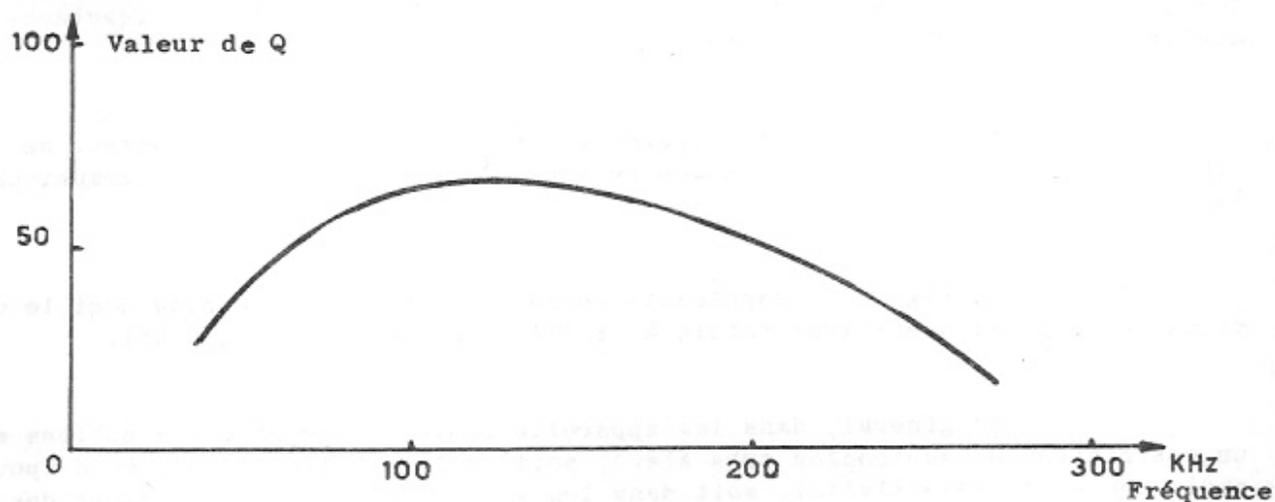


$$f = 100 \text{ KHz.}$$

$$X_L = L\omega = 6280$$

$$Q = \frac{L\omega}{R} = \frac{6280}{1000} = 6,28$$

- Fig. 1 -



- Fig. 2 -

Dans le schéma "B" la bobine a un "Q" de 62,8 à la fréquence indiquée. Si l'on augmente la fréquence du courant qui circule dans la bobine, on augmentera la réactance inductive, mais en même temps les pertes augmenteront, et le rapport $\frac{L\omega}{R}$ restera presque constant dans une certaine gamme de fréquence.

Augmentons considérablement la fréquence, les pertes deviendront telles que la valeur de "Q" diminuera ; diminuons la fréquence, la réactance au contraire décroîtra et "Q" tendra à diminuer à nouveau.

Si l'on trace le diagramme complet représentant la valeur de "Q" en fonction de la fréquence pour la bobine considérée, on obtiendra le graphique de la Fig. 2-.

La Fig. 1-C, représente enfin le schéma d'une bobine dont le coefficient de surtension est très faible à la fréquence normale de travail.

En général, dans les appareils radio, on demande des bobines avec un coefficient de surtension très élevé, soit dans les circuits d'accord (pour avoir une bonne sélectivité), soit dans les filtres de bande (pour avoir des bandes passantes étroites et un rendement élevé).

Considérons un circuit oscillant série, fonctionnant sur ses fréquences normales, d'émission : on peut remarquer que la plus grande partie des pertes est à attribuer à la bobine d'induction, si le condensateur a un bon diélectrique.

Il en résulte donc, que les pertes du circuit oscillant représentées par une résistance, sont égales à celles de la bobine seule, et que le coefficient

de résonance du circuit (ϵ) est presque égal au facteur de qualité "Q" de la bobine.

La courbe de résonance de ce circuit sera d'autant plus aiguë que le "Q" de la bobine sera plus grand, avec un avantage évident pour toutes les applications du même circuit oscillant.

MESURE DU COEFFICIENT DE SURTENSION "Q"

Il n'est pas facile de calculer la valeur de "Q", parce qu'il est difficile de connaître exactement les pertes d'une bobine lorsqu'elle est placée dans le circuit.

On préfère donc obtenir cette valeur lors de la construction de la bobine, en l'exécutant selon de bonnes méthodes, et puis, mesurer directement "Q", avec un appareil spécial dit "Q METRE", en observant la courbe de résonance de la bobine montée avec un condensateur ayant des pertes très faibles.

Tout ce qui a été dit pour les bobines "H.F." est aussi valable pour les bobines "B.F.", qui pourtant ont des valeurs de "Q" beaucoup plus faibles (quelques dizaines) parce que leurs noyaux ont des pertes plus grandes.

La valeur de "Q", dans les bobines "B.F.", dépend le plus souvent de la qualité du noyau.

TRANSFORMATEUR D'ADAPTATION D'IMPEDANCE.

Quand on doit relier un haut-parleur au tube final d'un récepteur, il se présente deux problèmes importants :

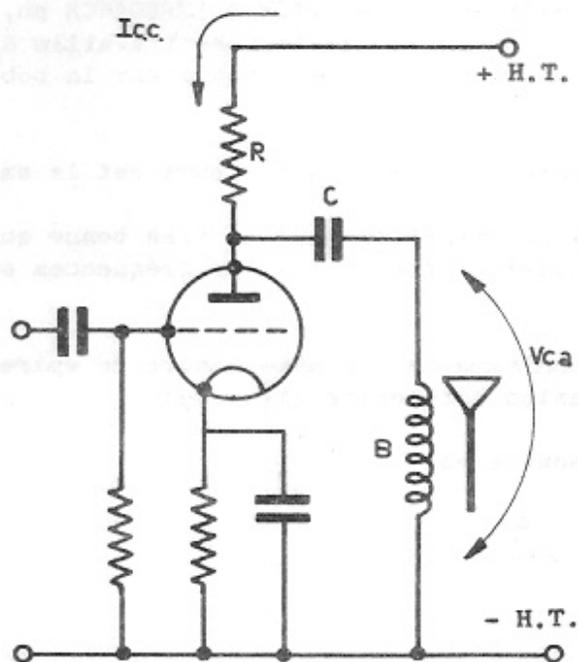
- Le premier, est d'empêcher le passage du courant continu, dans le haut-parleur.
- Le deuxième, d'avoir sur le tube une impédance de charge dont la valeur permette un très bon fonctionnement.

Pour éviter le passage du c.c. dans le haut-parleur, il suffirait de mettre un condensateur en série avec le "H.P." ; on obtient un circuit identique à celui de la Fig. 3-.

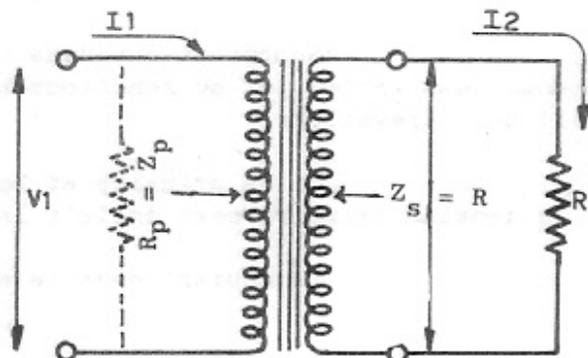
Ce circuit ne peut servir que si l'impédance du haut-parleur est adaptée au tube final, comme il arrive pour certains haut-parleurs électro-magnétiques.

Dans le cas où l'on utilise des haut-parleurs magnéto-dynamiques et électro-dynamiques, on a une bobine mobile de faible impédance de 2 Ohms minimum,

B = BOBINE D'EXCITATION DU H.P.



- Fig. 3 -



- Fig. 4 -

à 20 Ohms maximum.

En utilisant un TRANSFORMATEUR D'ADAPTATION D'IMPEDANCE ou, pour mieux dire, un translateur, on peut faire en sorte que le tube travaille dans de très bonnes conditions et que toute la puissance soit appliquée sur la bobine mobile.

Le principe de fonctionnement de ces translateurs est le suivant :

Supposons que nous ayons un transformateur de très bonne qualité, donc sans perte, et de fonctionnement parfait sur toutes les fréquences auxquelles il doit travailler.

Si le primaire et le secondaire ont le même nombre de spires (Fig. 4) la tension primaire sera égale à la tension secondaire ($V_1 = V_2$).

Le courant dans le secondaire est :

$$I_2 = \frac{V_2}{R}$$

Il est égal à celui du primaire " I_1 " parce qu'il n'y a pas de perte dans le transformateur.

Donc divisons " V_1 " par " I_1 ", nous aurons "R".

Cela veut dire que le transformateur se comporte comme s'il était une simple résistance " R_p " égale à " R ", et se limite à séparer les deux circuits, celui du tube de celui de la charge.

Si, pourtant, le nombre des spires du secondaire est différent du nombre de spires du primaire, le transformateur se comportera toujours comme s'il était une simple résistance, et la valeur de " R_p " dépendra du rapport entre les spires du secondaire et les spires du primaire. Si " n " est ce rapport :

$$n = \frac{\text{spires second.}}{\text{spires primaire}}$$

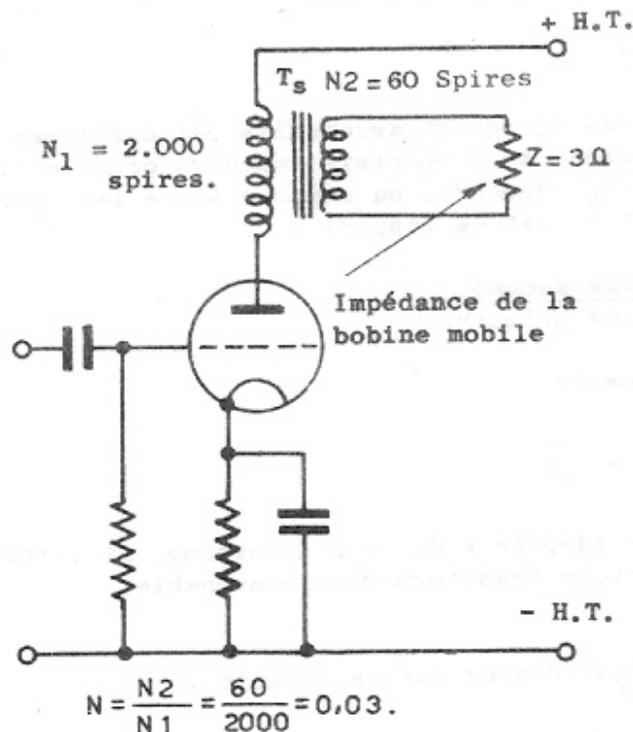
la valeur de " R_p " sera donnée par la formule :

$$R_p = \frac{R}{n^2}$$

Pour avoir une résistance adaptée à un tube déterminé, il suffira de construire un translateur avec un rapport de transformation convenable.

La valeur du rapport " n " est donnée par la formule :

$$n = \sqrt{\frac{R}{R_p}}$$



- Fig. 5 -

D'après cette formule et par simple observation, on peut voir que, si le primaire a un grand nombre de spires et le secondaire un petit nombre, " R_p " sera beaucoup plus grand que " R ", et vice versa.

La résistance " R_p " est dite aussi RESISTANCE SECONDAIRE RAMENEE AU PRIMAIRE.

Le transformateur n'étant pas parfait, il présente des pertes et, aux basses fréquences, les deux inductances primaire et secondaire sont négligeables.

Les formules écrites précédemment sont valables seulement pour la gamme des fréquences de fonctionnement normal du transformateur.

La Fig. 5- représente un transformateur courant, c'est-à-dire le

transformateur de sortie bien connu pour étage final.

Dans le primaire, quand il n'y a pas de signal appliqué à la grille, le courant continu circule seul ; la chute de tension dans le transformateur est due uniquement à la résistance ohmique du primaire.

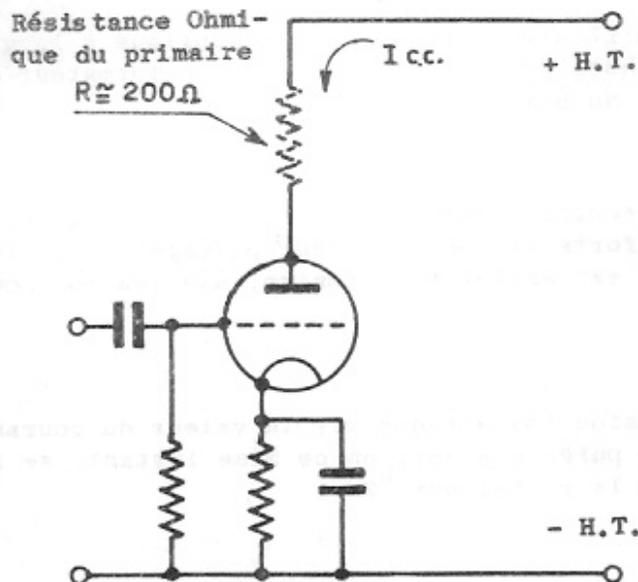
Quand on applique une tension alternative à la grille du tube, les composantes alternatives trouvent une forte impédance à leur passage, cette impédance a pour valeur " R_p " et l'on a aux extrémités du primaire, une tension considérable, comme souhaité. (Fig. 7-).

Le produit de cette tension instantanée par la valeur du courant instantané, nous donne la valeur de la puissance qui, en ce même instant, se retrouve sur la charge, c'est-à-dire sur la résistance " R ".

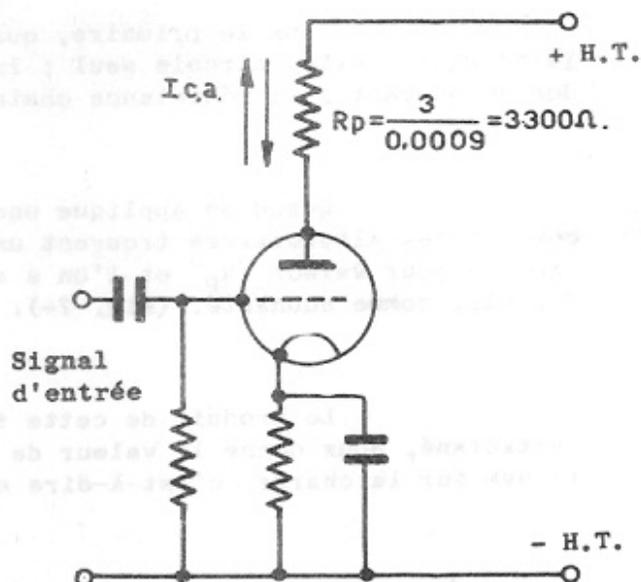
Le translateur accomplit donc la séparation entre composante continue et composantes alternatives du courant plaque; il permet d'avoir une charge adaptée sur le tube (quelle que soit l'impédance de l'utilisation) et il sépare les deux circuits de la façon la plus complète. Les avantages considérables qu'offrent les translateurs, en ont même justifié l'emploi dans les circuits d'entrée des tubes.

CIRCUIT EQUIVALENT A CELUI
DE LA FIG. 5- POUR LE SEUL
COURANT CONTINU.

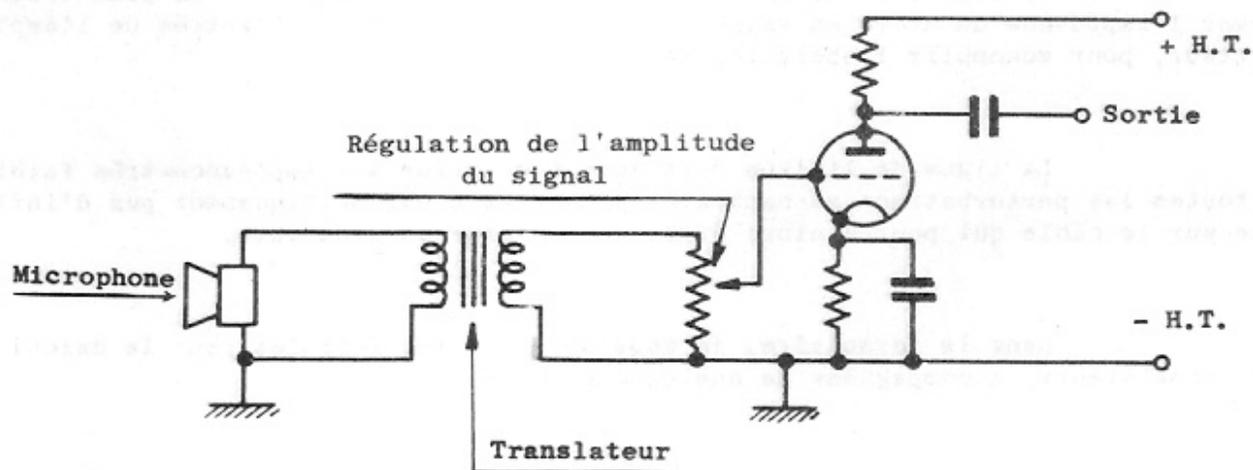
CIRCUIT EQUIVALENT A CELUI
DE LA FIG. 5- EN c.a.



- Fig. 6 -



- Fig. 7 -



- Fig. 8 -

Chaque fois que l'on doit raccorder un micro, qui a une impédance interne très faible, à l'entrée à impédance élevée d'un amplificateur, pour obtenir un bon rendement, il est nécessaire d'utiliser un transformateur d'adaptation. (Fig. 8-).

Cette adaptation d'impédance est très utile pour relier un micro par une ligne très longue, à son amplificateur.

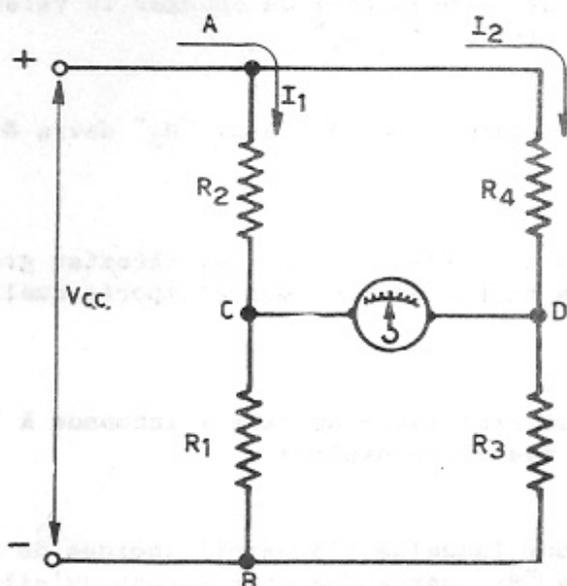
Ce type de liaison demande deux transformateurs : l'un pour transformer l'impédance du micro en valeur plus faible, l'autre, à l'entrée de l'amplificateur, pour accomplir l'opération inverse.

La ligne de liaison doit donc travailler sur impédances très faibles et toutes les perturbations et capacités parasites n'ont pratiquement pas d'influence sur le câble qui pourra alors être, de longueur considérable.

Dans le formulaire, je vous donnerai les formules pour le calcul de ces translateurs, accompagnées de quelques exemples.

Il faut rappeler que les translateurs ne sont, en dernière analyse, que des transformateurs normaux où l'on considère la valeur de l'impédance secondaire ramenée au primaire, au lieu de considérer les tensions et leur liaison.

Pour vous donner un exemple, je vous dirai qu'un transformateur de liaison, qui sert à élever la tension de sortie d'un tube pour l'appliquer au tube suivant, pourrait être considéré comme un translateur servant à transformer l'impédance d'entrée du deuxième tube en impédance de charge sur la plaque du premier.



Quand le galvanomètre indique zéro
l'on a :

$$I_1 = \frac{Vc.c.}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = \frac{Vc.c.}{R_3 + R_4}$$

- Fig. 9 -

PONT DE WHEATSTONE

Si l'on dispose de 4 résistances égales "R₁" "R₂" "R₃" "R₄" de la façon indiquée Fig. 9-, et que l'on applique une tension continue aux deux branches du circuit ainsi constitué, on aura des chutes égales de tension sur les quatre résistances.

Insérons un instrument dont le zéro est au centre, entre les deux points "C" et "D" du circuit, l'instrument indiquera zéro parce que les deux tensions en "C" et en "D" sont parfaitement égales.

Changeons la valeur de "R₁", la tension au point "C" change et l'aiguille de l'instrument se déplace.

Pour la ramener à zéro, il sera nécessaire de changer la valeur de "R₃" d'une quantité correspondante à la variation de "R₁".

Si, par exemple, "R₁" a été augmenté de 10 Ohms, "R₃" devra être aussi augmenté de 10 Ohms.

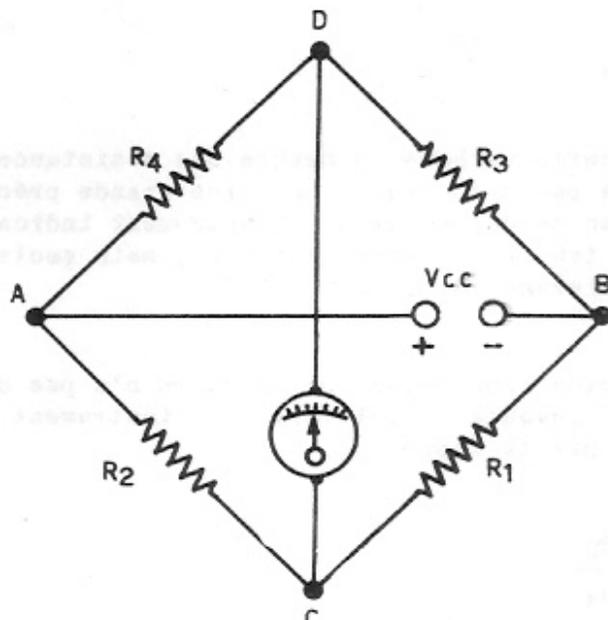
Supposons que nous mettions à la place de "R₃" un rhéostat gradué de façon à pouvoir connaître exactement sa valeur en Ohm pour n'importe quelle position du curseur.

Si, maintenant, on place une résistance de valeur inconnue à la place de "R₁", l'aiguille de l'instrument de mesure se déplace.

Réglons "R₃" à la valeur pour laquelle l'appareil indique de nouveau zéro, on déterminera la valeur inconnue de "R₁" parce que nous savons qu'elle doit être égale à "R₃" (lorsque "R₂" = "R₄" comme dans notre exemple).

Nous avons obtenu, avec ce circuit, le moyen permettant de mesurer la valeur d'une résistance inconnue avec une précision considérable.

Ce circuit appelé PONT DE WHEATSTONE (prononcer WISTON), est très



- Fig. 10 -

répandu et trouve son application, dans la mesure d'une résistance et dans les circuits où l'on désire connaître la variation d'un élément.

Les résistances "R₁", "R₂", "R₃", "R₄" s'appellent BRANCHES du pont.

La condition pour laquelle l'instrument indique un courant nul, est LA CONDITION D'EQUILIBRE DU PONT :

$$\frac{R_4}{R_2} = \frac{R_3}{R_1}$$

L'instrument avec ses liaisons constitue la DIAGONALE du pont. L'autre diagonale sert à l'alimentation.

L'interprétation de ces expressions est claire si l'on dessine le circuit sous sa forme classique. (Fig. 10-).

Les résistances "R₂" et "R₄" peuvent très bien ne pas être égales ; en ce cas la valeur de "R₁" ne sera plus égale à "R₃", mais sera donnée par la formule :

$$R_1 = R_3 \times \frac{R_2}{R_4}$$

L'avantage que présente cette méthode de mesure des résistances, par rapport à celle de l'Ohmmètre est de pouvoir obtenir une plus grande précision. En effet, dans ce cas, la précision ne dépend ni de l'instrument indicateur, ni de la valeur de la tension appliquée (entre certaines limites), mais seulement de la précision des résistances d'équilibrage "R₃", "R₂", "R₄".

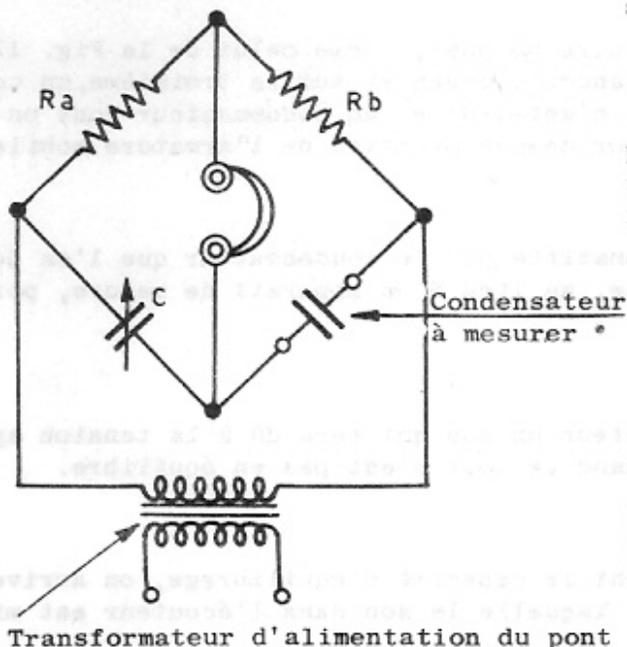
La mesure est cependant plus laborieuse, parce qu'on n'a pas de lecture directe : on doit faire varier "R₃" jusqu'à l'équilibre de l'instrument, puis lire la valeur de "R₃" et la multiplier par le rapport :

$$\frac{R_2}{R_4}$$

Dans les laboratoires le pont de WHEATSTONE est très utilisé. Quelques maisons importantes de constructions aussi bien françaises qu'étrangères ont placé sur le marché des ponts de manipulation facile qui permettent de faire des

mesures de résistances d'environ 1 Ohm jusqu'à 100.000 Ohms avec une précision supérieure à 0,1 %.

Cela veut dire qu'il est possible de mesurer, par exemple, une résistance de 1.000 Ohms, avec une erreur inférieure à 1 Ohm.



PONT DE WHEATSTONE A COURANT ALTERNATIF

Le pont de Wheatstone peut être également utilisé en l'alimentant, au lieu de piles comme précédemment, avec du courant alternatif à la fréquence du secteur ou à des fréquences supérieures.

Avec cette alimentation les possibilités du pont s'étendent car, outre la mesure des résistances, on peut

- Fig. 11 -

procéder à la mesure des inductances et des capacités.

Il est possible de construire un pont, comme celui de la Fig. 11-, en mettant sur deux branches deux résistances connues et sur la troisième, un condensateur variable d'équilibrage étalon, c'est-à-dire, un condensateur dont on connaît la valeur précise de la capacité pour chaque position de l'armature mobile.

Le quatrième côté sera constitué par le condensateur que l'on désire mesurer, et la diagonale d'équilibrage, au lieu d'un appareil de mesure, porte ordinairement, un écouteur.

On entendra dans cet écouteur un son qui sera dû à la tension apparaissant aux extrémités de l'écouteur quand le pont n'est pas en équilibre.

En faisant varier lentement la capacité d'équilibrage, on arrivera à obtenir une condition d'équilibre pour laquelle le son dans l'écouteur est minimum.

Dans ce cas, le condensateur d'équilibre indiquera une capacité égale à celle du condensateur à mesurer si les deux résistances sont elles aussi de même valeur.

Ce type de pont, pour la mesure des capacités, est dit PONT DE SAUTY.

Une méthode analogue est employée pour la mesure des inductances.

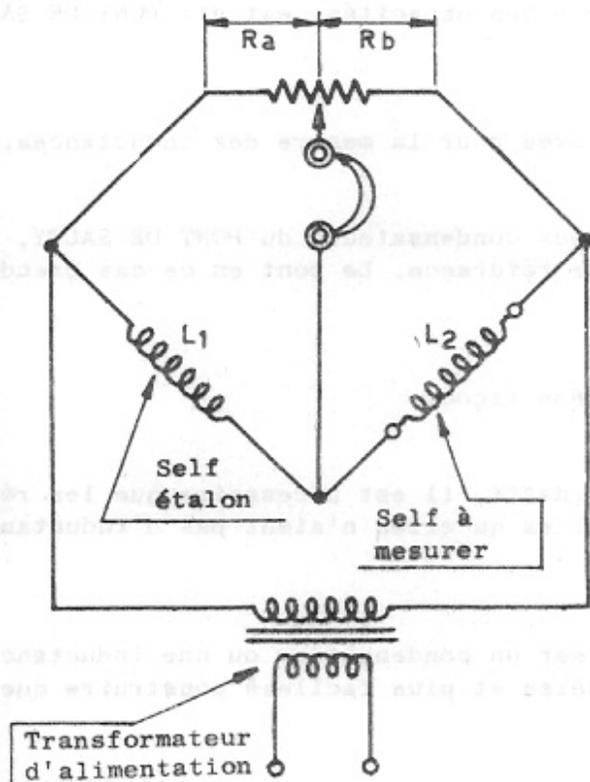
Il suffit de substituer aux deux condensateurs du PONT DE SAUTY, les deux inductances, celle à mesurer et celle de référence. Le pont en ce cas prend le nom de PONT DE MAXWELL.

L'équilibre s'obtient de la même façon.

Dans ces ponts à courant alternatif, il est nécessaire que les résistances des branches de comparaison soient telles qu'elles n'aient pas d'inductance propre.

En outre, il convient d'utiliser un condensateur ou une inductance fixe comme référence, car ils sont plus fidèles et plus faciles à construire que les variables.

Pour régler l'équilibre du pont on changera les deux résistances " R_a " et " R_b ".



- Fig. 12 -

La Fig. 12- représente un pont de Maxwell où les résistances des deux branches de comparaison sont constituées par un seul potentiomètre, ou par un simple fil calibré et tendu, sur lequel se déplace un contact.

Les formes que prennent ces ponts dans la pratique sont très différentes : en particulier cela dépend de l'utilisation à laquelle ils sont destinés, c'est-à-dire des mesures de laboratoire, ou des travaux de contrôle.

Ordinairement, ils peuvent mesurer des résistances, inductances et capacités et ils utilisent comme instrument indicateur, un écouteur ou un oeil magique, dont l'éclairement augmente, ou diminue suivant l'équilibre du pont.

Il faut rappeler qu'avec ces ponts en alternatif, il n'est pas possible de mesurer la capacité des condensateurs électrolytiques, car on ne peut pas appliquer de tension alternative à leurs extrémités.

On devra donc recourir à des ponts spéciaux qui fournissent au condensateur une tension continue avec composante alternative.

Quand la valeur de la capacité, ou de l'inductance à mesurer est très différente de celle de la capacité ou de l'inductance de référence, la précision de la mesure diminue.

Il est donc nécessaire, pour cette raison, d'avoir différentes capacités et inductances fixes étalons.

Pour mesurer, par exemple, des inductances de 1 mH à 1 H, il sera nécessaire d'avoir des inductances étalons de 5 mH, 50 mH, 500 mH, avec un commutateur pour l'insertion de chacune d'elles selon le besoin.

La construction d'un petit pont pour l'utilisation en laboratoire, sans prétention de précision excessive, est relativement facile.

La seule grande difficulté consiste à avoir des résistances, capacités et inductances de référence, suffisamment précises.

REPONSES A L'EXERCICE DE REVISION
SUR LA 25ème LECON DE THEORIQUE

- 1- Pour avoir une capacité répartie réduite à son minimum possible.
- 2- C'est un fil formé par un ensemble de conducteurs isolés et torsadés. Il sert à diminuer l'effet de peau.
- 3- C'est l'effet qui se présente dans tous les conducteurs parcourus par un courant alternatif, car le courant se condense à la périphérie du conducteur.
- 4- Les noyaux de ferrite sont des noyaux de fer pulvérisé, aggloméré avec une poudre de céramique isolante et ayant de faibles pertes.
- 5- Pour avoir une perméabilité élevée avec des inductions faibles.
- 6- C'est un circuit qui n'a pas de période d'oscillation définie.
- 7- Minime.
- 8- C'est un coefficient qui indique la qualité d'un circuit oscillant.
- 9- Celui où $\xi = 15$.
- 10- Celui avec une résistance en parallèle, équivalent aux pertes, de 50 K Ω .

EXERCICE DE REVISION SUR LA 26ème LECON THEORIQUE

- 1- Qu'est-ce que le coefficient de surtension d'une bobine ?
- 2- Dans un circuit oscillateur, E peut-il être presque égal à "Q" ?
- 3- Quel est le but d'un translateur ?
- 4- Pourquoi met-on un translateur entre le micro et la grille d'entrée d'un amplificateur ?
- 5- Quand a-t-on la condition d'équilibre dans un pont de Wheatstone ?
- 6- Qu'est-ce qu'un pont de Sauty ?
- 7- Qu'est-ce qu'un pont de Maxwell ?
