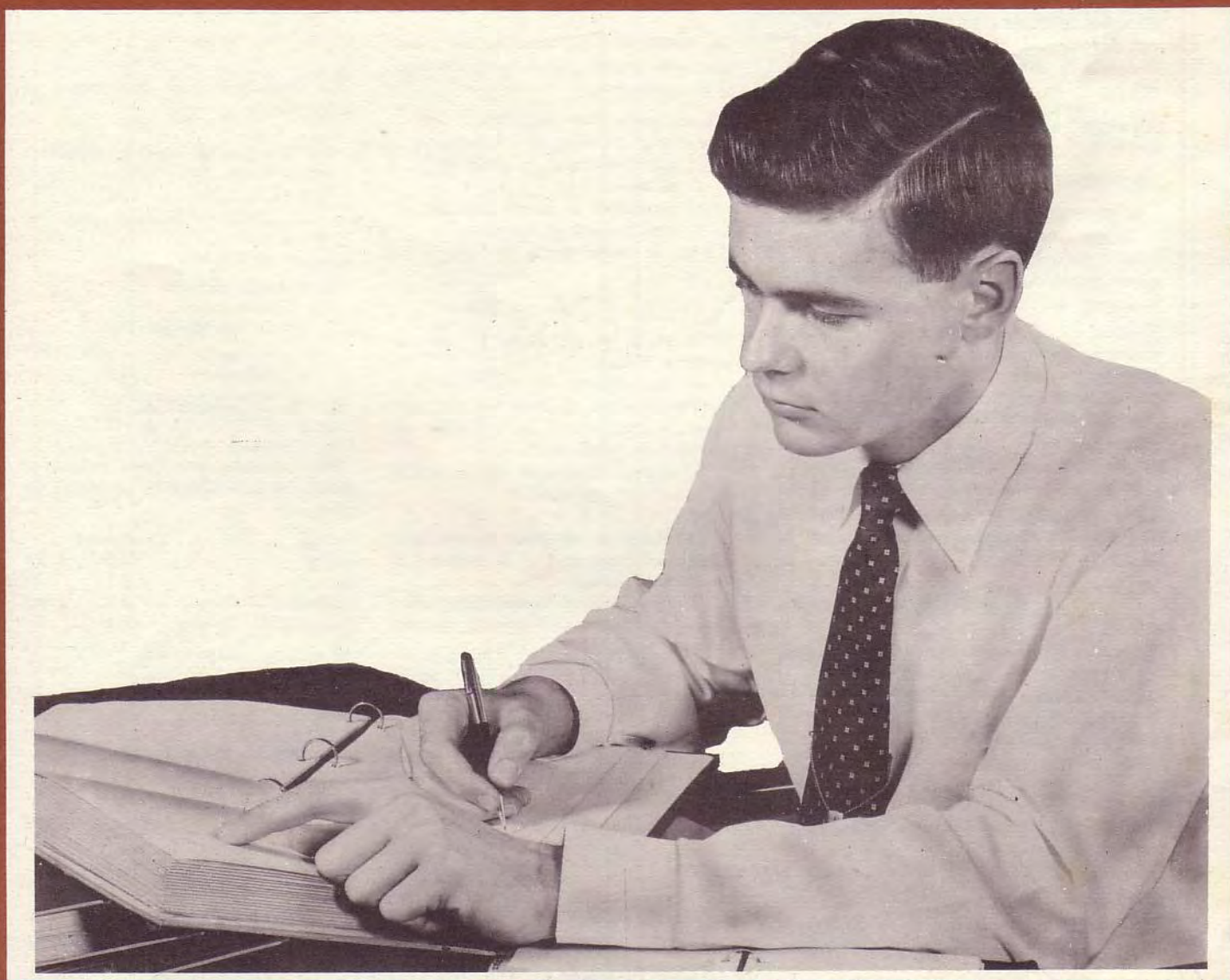


24

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 12 - 19 août 1965 - le numéro 1,60 F.

SUISSE 1,70 FS
BELGIQUE 23 FB
MAROC 1,85 Dh

ALGERIE 1,80 FA
TUNISIE 1,70 M
ALLEMAGNE 1,80 DM

GRANDE-BRETAGNE 3,5 sh
CANADA 50 cts
U.S.A. 50 cts

votre Carrière

revue hebdomadaire

DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: Editions CHIRON - 40, rue de Seine
Tél. 633.18-93 - Paris (6^e) - C.C.P. 53-35.



La revue est en vente aux kiosques, chaque semaine: si le kiosque en est démuné, demandez l'envoi hebdomadaire directement à votre domicile.

Directrice: *Mme Etienne Chiron.*
Secrétaire de rédaction: *J. Lavergne*

ABONNEMENTS

Les abonnements peuvent être souscrits en cours d'année, à n'importe quelle date. Les numéros déjà parus au moment de la souscription seront envoyés en une seule expédition.
France - 1 an (52 numéros) = 70 F;
6 mois (26 numéros) = 38 F. -
Etranger - 1 an = 90 F - Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire la somme de 1,20 F par numéro.

S'adresser aux Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris - C.C.P. 53-35.
Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire (1,60 F).

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

Toute demande de renseignements doit être accompagnée d'une enveloppe timbrée à votre adresse.
S'adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris.

PUBLICITE

PUBLEDITEC - 13, Rue C. Lecocq
Tél. 250.88-04 et 88-05 - Paris, 15^e.

Cette Revue sera contrôlée par l' O. I. D.

DISTRIBUTION

Nouvelles Messageries de la Presse
Parisienne - 11, Rue Réamur - Paris.

COPYRIGHT

Dépôt légal éditeur 34 - 2^e trim. '65
Periodique N. 42 905 à la Commission Paritaire de la Presse.
Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays.

Sommaire

★ Courrier technique	page 2
★ Les Formules électriques et électromagnétiques selon le système M.K.S.A. rationalisé	» 3
★ Le Superhétérodyne ou changeur de fréquence	» 5
★ Unités de mesure	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Les unités de mesure du système M.K.S.A.	» 22
★ Questions sur les 70 ^{ème} et 71 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 27
★ Calcul des filtres électriques	» 29
★ Pourcentage de ronflement résiduel d'un filtre à entrée capacitive ou inductive	» 30
★ L'équipement de la Maison de l'O.R.T.F.	» 34

Courrier technique

M. ANGÉVAL nous demande des renseignements pour le calcul de la résistance d'un conducteur.

La résistance d'un conducteur:

- a) est proportionnelle à sa longueur l;
- b) est inversement proportionnelle à sa section, s;
- c) dépend de la nature chimique du matériau qui le constitue.

Ce qui se traduit par la formule:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

ρ , en m; s, en m²; R, en Ω (dans le système MKSA)

ρ est un coefficient caractéristique de la nature chimique du matériau qui constitue le conducteur; on l'appelle: **résistivité du conducteur.**

Si, dans la formule, on fait: $\rho = 1$ m et $s = 1$ m², on obtient:

$$R = \rho$$

La résistivité est donc la résistance d'un conducteur de 1 m de longueur et de 1 m² de section.

On l'exprime en ohms/mètre/mètre carré (symbole: Ω (m/m²), ou, en abrégé: ohms/mètre (Ω /m)).

Calculons, par exemple, la résistance d'un conducteur en cuivre de 100 m de longueur et 1 mm de diamètre, la résistivité du cuivre étant de 1,6 $\mu\Omega$ /cm.

$$1 \mu\text{cm} = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega/\text{cm} = (1,6 \times 10^{-6} \times 10^{-2}) \Omega/\text{m} = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega/\text{m}$$

$$1 \text{ mm} = 10^{-1} \text{ cm} = (10^{-1} \times 10^{-2}) \text{ m}$$

$$= 10^{-3} \text{ m}$$

$$100 \text{ m} = 10^2 \text{ m}$$

Le conducteur étant cylindrique, sa section vaut:

$$s = \frac{\pi d^2}{4} \quad (d \text{ étant le diamètre})$$

$$s = \frac{3,14}{4} (10^{-3})^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 10^{-6} =$$

$$= 0,785 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Dans ces conditions:

$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{1,6 \cdot 10^{-8}}{0,785 \cdot 10^{-6}} = \frac{1,6}{0,785} \cdot 10^{-2} = \frac{1,6}{0,785} \cdot 10^{-2} = 2,03 \Omega$$

Résistivité des principaux métaux et alliages, à la température ambiante en $\mu\Omega$ /cm.

Argent	1,46	
Cuivre	1,6	à 1,8
Or	2,3	
Aluminium	2,8	à 3,2
Platine pur	10,8	
Fer	11	
Nickel	8	à 11
Platine commercial	14	
Plomb	20	
Maillechort	25	à 45
Manganèse	46,7	
Constantan	50	
Ferro-Nickel	80	
Nickel - Chrome	100	à 110

COMMUNIQUE VACANCES

"VOTRE CARRIERE" CONTINUE A PARAÎTRE PENDANT LES VACANCES. AVEZ-VOUS PENSE AU MOYEN DE VOUS PROCURER LA REVUE DURANT CETTE PERIODE? PRENEZ DES AUJOURD'HUI VOS DISPOSITIONS POUR QUE VOTRE MARCHAND DE JOURNAUX VOUS LA RESERVE OU BIEN CHERCHEZ-LA DANS LA LOCALITE OU VOUS VOUS RENDREZ ET SUGGEREZ AU REVENDEUR LOCAL DE LA DEMANDER AUX "NOUVELLES MESSAGERIES DE LA PRESSE PARISIENNE".

LES FORMULES ELECTRIQUES et ELECTROMAGNETIQUES

selon le SYSTEME «MKSA» RATIONALISE

N° de la page du «Cours»	FORMULES selon le système pratique ou le système C.G.S. d'unités.	FORMULES selon le système d'unités MKSA rationalisé et avec les symboles normalisés.
19	$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{f}$	$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{f}$
19	λ en m, f en Hz, V en m/s	λ en m, f en Hz, V en m/s
19	$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda}$	$f = \frac{V}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{\lambda}$
43	$Q = It$ Q en c; I en A; t en s $H = RI^2 t$ H = chaleur produite, en Joules; R = résistance, en ohms; I = intensité du courant en ampères; t = temps, en secondes. Remarque = H est le symbole de l'excitation magnétique et non pas de la quantité de chaleur.	$Q = It$ Q en c; I en A; t en s $W = RI^2 t$ W = énergie dissipée sous forme de chaleur, en Joules; R = résistance, en ohms; I = intensité du courant en ampères; t = temps, en secondes.
91	$W = \frac{H}{t} = RI^2$ W , puissance dissipée en watts Remarques = 1. - W est le symbole de l'énergie (ou du travail) et non celui de la puissance. 2. - Le watt est l'unité de puissance, et non pas «l'unité exprimant la quantité de chaleur produite».	$P = \frac{W}{t} = RI^2$ P = puissance dissipée, en watts $E = IR = P/I = \sqrt{PR}$ $G = 1/R$ $I = E \times G = E/R = P/E = \sqrt{P/R}$ $P = E \times I = E^2/R = R \times I^2$ $R = E/I = E^2/P = P/I^2$

N° de la page du «Cours»	FORMULES selon le système pratique ou le système C.G.S. d'unités.	FORMULES selon le système d'unités MKSA rationalisé et avec les symboles normalisés.
95	$W = E \times I \times t = (E^2/R) t = I^2 \times R \times t = P \times t = Q U$ $Q \times E$ Remarque = E , est le symbole de la force électromotrice d'un générateur. U , celui de la d.d.p. existant entre deux points d'un conducteur (ou V). Dans toutes ces formules et dans les 2 systèmes :	$W = U I t = (U^2/R) t = R I^2 t = P t = Q U$ $Q \times E$ U est exprimé en volts; I est exprimé en ampères; R est exprimé en ohms; G est exprimée en mhos; t est exprimé en secondes; W est exprimé en Joules.
115	$B = \frac{\Phi}{A}$ B , en gauss; Φ , en maxwells; A en cm ² .	$B = \frac{\Phi}{S}$ B , en webers/m ² ou Teslas (Wb/m ² ou T); Φ , en webers (Wb) S , en m ² . Remarque = Le symbole de la surface est S ; A celui de l'ampère. $F = 1,257 I N$ F = force magnétique, en gilberts; I = Intensité du courant en ampères; N = nombre de tours. $H = \frac{1,257 I N}{1}$ $IN = \frac{H 1}{1,257}$ H = intensité du champ magnétique «de préférence à intensité de la force»

N° de la page du «Cours»	FORMULES selon le système pratique ou le système C.G.S. d'unités	FORMULES selon le système d'unités MKSA rationalisé et avec les symboles normalisés
103	d'aimantation »). en oersteds ou gilberts par cm; I, en A; l, en cm. $R = \frac{1}{\mu A}$ R : réluctance magnétique, en UEMCgS L'unité EMCgS de réluctance est celle d'un tube d'air de 1 cm² de section et de 1 cm de long. 1 Unité MKSA de réluctance = $4\pi \times 10^{-9}$ UEMcgs μ = perméabilité magnétique; I = longueur, en cm A = surface, en cm².	I, en A; l, en cm. $\mathcal{R} = \frac{1}{\mu S}$ avec $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ $\mathcal{R}$ = réclutance magnétique, en unités MKSA. L'unité MKSA de réluctance est celle de un tube d'air ($\mu_r = 1$) de 1 m² de section et dont la longueur est $4\pi \times 10^{-7}$. μ = perméabilité absolue du milieu magnétique; c'est la perméabilité relative qui est donnée par les courbes. μ_0 = perméabilité du vide et de l'air: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ μ_r = perméabilité relative du milieu magnétique. $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ l = longueur, en m; S = surface, en m²; $\mu = \frac{B}{H}$ $\mu = \frac{B}{H}$ ($\mu = \mu_0 \mu_r$) B = induction magnétique, en gauss; H = en oersteds B = induction magnétique en Teslas (T); H = en Atr/m.
115	$\Phi = \frac{F}{R}$ Φ, en maxwells;	$\Phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}}$ Φ, en weber (Wb);

N° de la page du «Cours»	FORMULES selon le système pratique ou le système C.G.S. d'unités	FORMULES selon le système d'unités MKSA rationalisé et avec les symboles normalisés
117	F, en gilberts; R, en UEMCgS. $e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot 10^{-8}$ (de préférence à: e = nombre de lignes coupées par seconde 10^{-8}) e = f.é.m. induite en volts; $\Delta \Phi$ = variations de flux, en maxwells; Δt = durée de la variation en secondes. Remarque = Le signe moins (—) traduit la loi de Lenz = Le sens de la f. é. m. induite est tel que celle ci tend à s'opposer à la variation de flux qui lui donne naissance $e = B \times l \times v \times \sin \delta \times 10^{-8}$ e = f.é.m. induite en volts. B = induction magnétique, en gauss; (de préférence à «densité de flux, ou lignes par cm²») l = longueur du conducteur en cm; v, vitesse de déplacement du conducteur, en cm/s; δ, angle formé par la direction du déplacement du conducteur et celle du champ d'induction $L = \mu \cdot \frac{4\pi N^2 S}{10^9 l}$ Dans l'air ($\mu = 1$): $L = \frac{4\pi N^2 S}{10^9 l}$ (la formule publiée est fausse) L, inductance, en Henrys;	$\mathcal{F}$, en ampères - tour (At); $\mathcal{R}$, en UMKSA. $e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ e, en volts; $\Delta \Phi$, en webers (Wb); Δt, en secondes. e = Blv sin δ e, en volts; B, en Teslas (ou Weber par m² (T) ou (Wb/m²); l, en mètres. v, en m/s; $L = \mu \cdot \frac{N^2 S}{l}$ ($\mu = \mu_0 \mu_r$) Dans l'air ($\mu_r = 1$): $L = \mu_0 \cdot \frac{N^2 S}{l}$ avec $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ L, en Henrys (H);

(suite page 33)

LE SUPERHETERODYNE ou CHANGEUR DE FREQUENCE

La différence essentielle entre un récepteur à amplification directe et un récepteur à changement de fréquence réside dans le fait que dans le premier, l'amplification se fait à la fréquence même du signal, tandis que dans le second, cette amplification se fait sur une fréquence différente (généralement plus basse) appelée **Moyenne fréquence** ou **Fréquence Intermédiaire**. Cette fréquence intermédiaire est produite par battement entre le signal haute fréquence modulé (signal extérieur reçu par l'antenne) et un autre signal haute fréquence produit par un étage oscillateur incorporé ou récepteur (signal local).

L'étage spécial du récepteur qui produit ce nouveau signal prend ainsi le nom d'**oscillateur local**. Les deux signaux sont combinés dans un étage appelé **mélangeur**, ou premier détecteur ou **convertisseur**.

Quand deux signaux sont combinés ou superposés dans un étage mélangeur, on obtient à la sortie de celui-ci quatre signaux distincts de fréquences différentes, soit: le signal d'entrée, celui de l'oscillateur local, un signal dont la fréquence est égale à la somme des deux précédents et un quatrième signal dont la fréquence est égale à leur différence. C'est en général ce dernier qui est amplifié par les étages à Fréquence Intermédiaire, ou Moyenne Fréquence.

C'est ainsi que bien que la fréquence intermédiaire (Moyenne Fréquence) soit différente de celle du signal reçu, elle présente les mêmes caractéristiques de modulation que ce dernier, auquel elle est en tous points identique, la fréquence exceptée.

Les inconvénients que nous avons mentionnés lors de notre étude sur les récepteurs à amplification directe, ont été presque complètement éliminés dans les montages superhétérodynes ou changeurs de fréquences. En effet, n'importe quel signal capté par l'antenne, quelle que soit sa fréquence, est immédiatement converti en un signal à fréquence intermédiaire; il peut donc être ensuite amplifié par des étages accordés sur une fréquence fixe, ce qui est particulièrement avantageux, tant en ce qui concerne l'amplification que la sélectivité, comme nous le verrons plus loin.

La majeure partie des récepteurs changeurs de fréquence, tout au moins ceux destinés à la réception des stations de Radiodiffusion, ne comportent pas d'étages amplificateurs haute fréquence; toutefois certains récepteurs spéciaux (récepteurs de trafic, en particulier) peuvent avoir un ou deux étages amplificateurs HF, s'accordant sur la fréquence du signal à recevoir, ce qui

en fait des appareils extrêmement sensibles.

La fréquence de l'oscillateur local est mélangée à celle du signal reçu dans l'étage changeur de fréquence, à la sortie duquel on recueille la Moyenne Fréquence (MF), ou Fréquence Intermédiaire (FI), ayant les mêmes caractéristiques que le signal capté par l'antenne (même modulation).

Les étages qui suivent le tube changeur de fréquence sont couplés par des circuits oscillant accordés sur la Moyenne Fréquence (transformateurs) qui, seule, est amplifiée. Ensuite, le signal est envoyé à l'étage appelé **second détecteur**, qui est l'étage détecteur proprement dit. Comme nous le savons, à la sortie de cet étage nous trouvons les signaux Basse Fréquence (modulation) qui sont amplifiés par des étages BF pour atteindre la puissance nécessaire au fonctionnement du haut-parleur.

La fréquence de l'oscillateur local peut être supérieure ou inférieure à celle du signal d'une quantité égale à la valeur de la Fréquence Intermédiaire. C'est ainsi que si nous adoptons une MF de 460 kHz, et une fréquence de l'oscillateur local plus grande que la fréquence du signal, il faudra, pour couvrir toute la gamme des Ondes Moyennes qui s'étend de 500 à 1500 kHz que cet oscillateur s'accorde entre 960 (c'est-à-dire $500 + 460$) et 1960 (c'est-à-dire $1500 + 460$) kHz. Cela représente un rapport de 2:1 (soit 1960:960 2 environ).

Voyons maintenant quelle doit être la gamme couverte par l'oscillateur si l'on veut que sa fréquence soit inférieure à celle du signal. En supposant toujours que la MF est de 460 kHz, la fréquence la plus basse sera $500 - 460 = 40$ kHz et la plus haute, $1500 - 460 = 1040$ kHz, soit un rapport total de 26:1 (en effet, $1040:40 = 26$). Comme on le voit, pour obtenir une telle gamme d'accord, il faudrait utiliser un condensateur variable ayant un rapport tellement grand entre ses capacités maximale et minimale qu'il serait pratiquement irréalisable. C'est pour cette raison que, normalement, les oscillateurs locaux des superhétérodynes sont accordés sur une fréquence supérieure à celle du signal reçu.

L'oscillateur local d'un récepteur changeur de fréquence doit pouvoir s'accorder dans une gamme de fréquences de même étendue que celle que l'on veut recevoir. Lorsqu'on recherche un émetteur sur le cadran du récepteur, on doit accorder simultanément l'oscillateur local et les circuits d'accord qui le précèdent, de

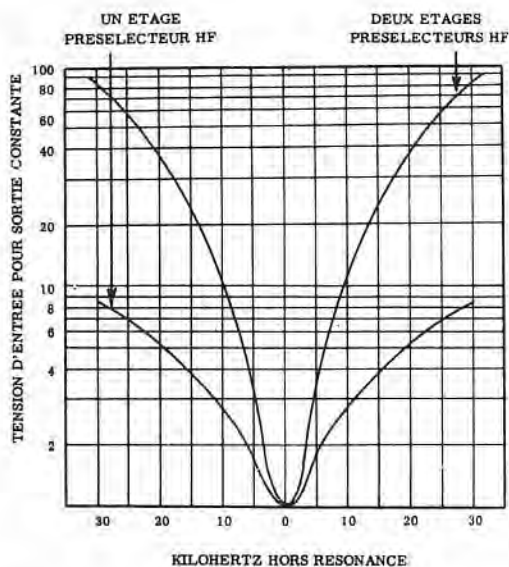


Fig. 1 - Courbes montrant la sélectivité d'un amplificateur Haute Fréquence à 1 ou 2 étages. On constatera qu'avec deux étages, les résultats obtenus sont nettement supérieurs.

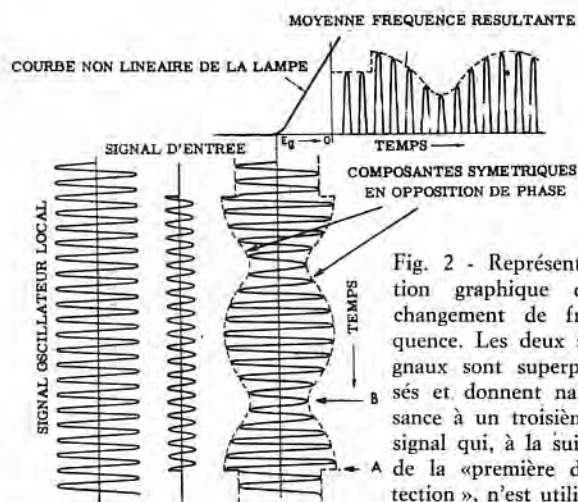


Fig. 2 - Représentation graphique du changement de fréquence. Les deux signaux sont superposés et donnent naissance à un troisième signal qui, à la suite de la « première détection », n'est utilisé seulement que pour moitié.

telle sorte que la différence entre les deux fréquences reste constante sur toute l'étendue de la gamme. Cette différence — nous le savons — doit être égale à la valeur de la Moyenne Fréquence.

PARTICULARITE CARACTERISTIQUE

La sensibilité et la sélectivité d'un récepteur superhétérodyne, sur toutes les gammes de réception, sont plus constantes que dans le cas d'un récepteur à amplification directe: cette particularité importante résulte du fait que la plus grande partie de l'amplification se fait dans des étages accordés sur une fréquence fixe.

Ces étages fonctionnant sur une fréquence unique (qui, en outre, est relativement basse et non critique), permettent d'obtenir une forte amplification, en même temps qu'une grande sélectivité.

La sélectivité des étages d'amplification MF détermine la sélectivité totale du récepteur vis-à-vis des émetteurs fonctionnant sur des fréquences voisines. Toutefois, il peut être nécessaire de prévoir un étage amplificateur à haute fréquence, ayant une sélectivité suffisante pour supprimer ce qu'on appelle la **fréquence image**.

Voyons maintenant ce qu'est cette fréquence image. Elle se manifeste par la présence simultanée de deux signaux à la sortie du récepteur et ce phénomène se produit pour la raison suivante: supposons par exemple que l'on mélange une oscillation locale de 1 255 kHz, avec un signal incident de 800 kHz pour produire une Fréquence Intermédiaire de $1\,255 - 800 = 455$ kHz; la fréquence même de l'oscillateur local peut produire un battement avec une fréquence de signal de 1 710 kHz, qui pourrait également être reçu en raison d'une mauvaise sélectivité du circuit d'entrée. Dans ce cas, la différence entre ces deux fréquences est encore égale à $1\,710 - 1\,255 = 455$ kHz. C'est ainsi que si l'antenne capte en même temps deux stations, l'une émettant sur 800 kHz et l'autre sur 1 710 kHz, l'étage changeur de fréquence peut envoyer à l'amplificateur MF deux si-

gnaux provenant de deux émetteurs différents, qui ont été tous deux convertis à la même fréquence intermédiaire. Les étages suivants reçoivent donc simultanément deux signaux qui, détectés et amplifiés, arrivent en même temps dans le haut-parleur, ce qui rend évidemment toute écoute inintelligible.

Le signal qui pour cette raison peut interférer avec celui que l'on désire recevoir est appelé fréquence ou interférence image. Cet inconvénient peut être évité en accordant soigneusement l'étage amplificateur HF. Des étages de ce type, suffisamment sélectifs accordés sur une fréquence inférieure à celle de l'oscillateur local, avec une différence égale à la valeur de la MF, suppriment toute interférence produite par une station émettant sur une fréquence supérieure à celle de l'oscillateur. En d'autres termes, l'amplificateur à haute fréquence d'un récepteur superhétérodyne ayant une Moyenne Fréquence de 455 kHz, supprime la fréquence image 1 710 kHz — par exemple — lorsqu'il est accordé sur 800 kHz, et inversement.

En ce qui concerne les récepteurs de Radiodiffusion, cet inconvénient se manifestait surtout il y a quelques années, lorsque les valeurs adoptées pour la Fréquence Intermédiaire étaient comprises entre 135 et 175 kHz. Dans ce cas en effet, la différence entre la fréquence d'accord et celle de la fréquence image était seulement de 300 à 400 kHz. Si la sélectivité du circuit d'entrée (circuit d'antenne) était insuffisante, la réception simultanée de deux émetteurs était possible. L'adjonction d'un étage amplificateur haute fréquence et du circuit d'accord correspondant produit une seconde sélection qui élimine le signal indésirable.

Avec les valeurs de moyenne fréquence actuellement utilisées, de l'ordre de 455 kHz, ce phénomène a pratiquement disparu sur la gamme des Ondes Moyennes, car un circuit accordé ne peut manquer de sélectivité au point de permettre le passage de deux fréquences qui diffèrent entre elles de 910 kHz. C'est pourquoi l'adoption d'une Moyenne Fréquence de valeur plus élevée a permis de supprimer l'étage pré-sélecteur.

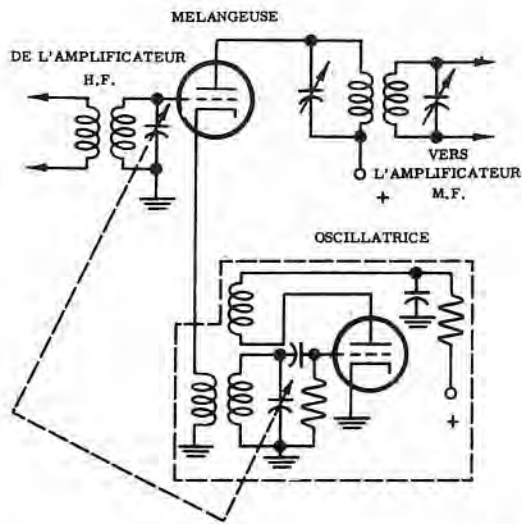


Fig. 3A - Couplage inductif entre la mélangeuse et l'oscillatrice.

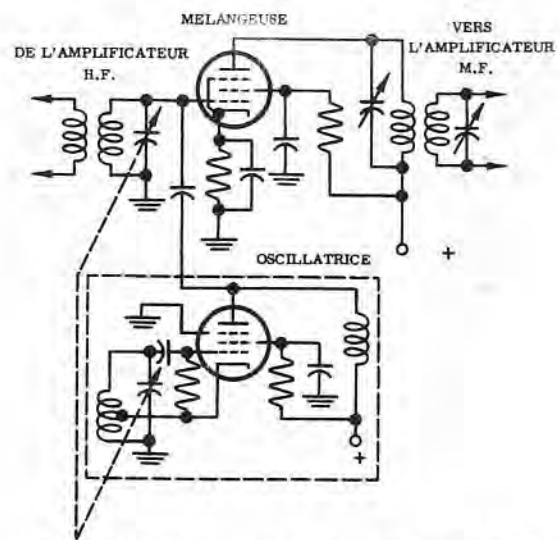


Fig. 3B - Dans ce montage, le couplage est capacitif.

Un récepteur superhétérodyne moderne, dépourvu d'étage amplificateur HF, nécessite un plus petit nombre de circuits accordés (donc moins de bobinages et un condensateur variable ayant moins de cases) que les récepteurs anciens: c'est un petit avantage des changeurs de fréquences modernes.

ETAGES PRESELECTEURS

Le technicien devant connaître tous les montages, même ceux d'utilisation peu courante, il convient donc d'étudier les étages amplificateurs placés devant l'étage normal. Nous verrons toutefois lorsque nous aborderons l'étude des appareils professionnels (spécialement ceux prévus pour la réception des Ondes Courtes) que les étages amplificateurs placés devant l'étage changeur de fréquence sont couramment utilisés dans ces récepteurs.

L'étage amplificateur HF d'un récepteur changeur de fréquence est quelquefois appelé étage préselecteur. Il est en tout point semblable à celui d'un récepteur à amplification directe. De nos jours, la sélectivité dans le cas d'un récepteur de Radiodiffusion est un facteur plus important que la sensibilité; nous avons vu en effet que seule la sélectivité des circuits d'entrée peut éliminer la fréquence image.

L'amplificateur HF peut comporter un, deux ou même trois étages amplificateurs successifs. La figure 1 montre les degrés de sélectivité que l'on peut atteindre avec un ou deux étages. Dans cette figure, l'axe vertical indique la tension d'entrée et l'axe horizontal les fréquences en kHz de part et d'autre de la fréquence de résonance. On remarquera qu'avec un seul étage d'amplification HF, un signal dont la fréquence diffère de 30 kHz de la fréquence de résonance, doit avoir une tension près de 9 fois plus grande que celle d'un signal émis sur la fréquence de résonance pour produire la même puissance de sortie. Avec deux étages HF, la tension devrait être près de 80 fois plus grande. Cela confirme bien le

fait que chaque étage supplémentaire augmente la sélectivité.

LE CHANGEMENT DE FREQUENCE

Le phénomène caractéristique se produisant dans un récepteur superhétérodyne, s'appelle **changement de fréquence**, ou **conversion de fréquence**. L'étage dans lequel cette conversion intervient est appelé étage mélangeur ou convertisseur, selon la caractéristique particulière du circuit. Quand la production des oscillations locales et le changement de fréquence se fait dans un seul tube, cet étage s'appelle **convertisseur**. Si pour ces deux fonctions on utilise deux tubes séparés, celui produisant les oscillations locales est l'étage **oscillateur**, et celui qui superpose le signal extérieur aux oscillations locales est l'étage **mélangeur**.

Nous avons vu que parfois, principalement aux USA, l'étage convertisseur ou mélangeur est également appelé **premier détecteur**. En effet, aussi bien le convertisseur que le mélangeur doivent être **non linéaires**, tout comme un détecteur. En d'autres termes, la lampe doit avoir une plus grande conductivité pendant la partie positive du cycle des fréquences appliquées que pendant la partie négative, car autrement on ne pourrait recueillir la Moyenne Fréquence sur sa plaque.

Voici en bref comment le phénomène se produit. Le fait que deux signaux de fréquences différentes influent simultanément sur le courant anodique du tube, produit avant tout un **battement**. Ce phénomène est parfaitement compréhensible si l'on considère qu'à chaque instant les alternances des deux signaux s'ajoutent ou se soustraient, en amplitude, selon qu'elles sont en phase ou déphasées. Lorsqu'elles sont en phase, l'amplitude du signal résultant est évidemment égale à la somme des deux amplitudes; tandis que si au contraire, elles sont déphasées de 180°, l'amplitude résultante sera égale à la différence entre les deux amplitudes.

En outre, s'agissant de deux signaux de fréquences différentes, mais toutes deux constantes, les instants pendant lesquels les signaux sont en phase se suc-

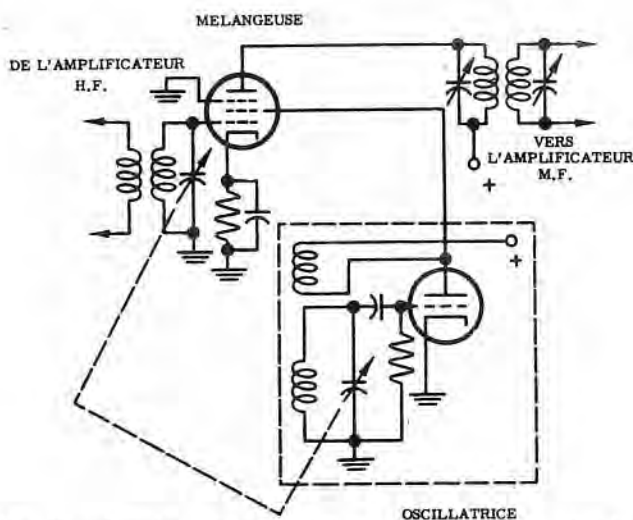


Fig. 3C - Couplage direct. La plaque de l'oscillatrice est reliée directement à la grille-écran de la mélangeuse pentode.

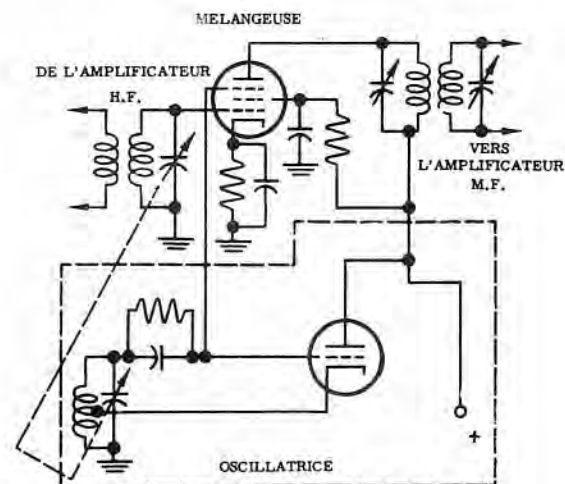


Fig. 3D - Couplage direct par liaison entre deux grilles.

cèdent à un rythme également constant, et il en est de même pour les instants où les signaux sont en opposition de phase.

Si nous représentons graphiquement ce phénomène (figure 2), nous remarquons qu'au point A le signal résultant a une amplitude maximale (signaux en phase), tandis qu'au point B cette amplitude est minimale (signaux en opposition de phase). Entre ces deux points, il existe une infinité de points intermédiaires pour lesquels l'amplitude du signal résultant est toujours donnée par la somme ou la différence des deux amplitudes, selon que ces deux signaux tendent à s'ajouter ou à se soustraire.

Le terme de détecteur s'explique en observant attentivement la figure, dans laquelle on peut voir que le signal résultant apparaît deux fois, symétriquement de part et d'autre de la ligne médiane. Ces signaux étant en opposition de phase, il faut éliminer l'un d'entre eux pour pouvoir utiliser l'autre. On obtient ce résultat en faisant fonctionner la lampe dans la partie non linéaire de sa courbe caractéristique, de la même façon qu'un détecteur, et on recueille ainsi sur sa plaque une seule moitié du signal complexe de la figure 2.

L'OSCILLATEUR LOCAL

L'oscillateur local doit répondre à un certain nombre d'exigences particulières: il doit produire une fréquence stable dans toute la gamme désirée, sa tension de sortie doit être constante et son alignement (avec les autres étages accordés) doit être aussi parfait que possible.

N'importe quel montage oscillateur peut être utilisé comme oscillateur local; ils ont été examinés en détail dans notre 67ème leçon. Généralement on monte un circuit Hartley modifié, ou un circuit à grille accordée. Dans le cas où le récepteur doit être parfaitement stable (récepteurs professionnels ou de trafic), on prévoit également un dispositif de stabilisation de la tension plaque.

Parmi les facteurs pouvant influencer sur la stabilité

des oscillations produites, nous citerons l'effet que les autres signaux à haute fréquence, présents dans le circuit, peuvent avoir sur l'oscillateur local. En effet, celui-ci tend à synchroniser sa fréquence sur celle du signal incident. Plus forte sera l'intensité de ce signal — et plus faible sera la différence entre sa fréquence et celle de l'oscillateur local — plus forte sera la probabilité d'une influence réciproque. Si la fréquence de l'oscillateur varie sous l'effet du signal reçu par l'antenne, il se produit un **glissement de fréquence**. Cet inconvénient peut être éliminé en isolant, c'est-à-dire en séparant le plus possible, les circuits de l'oscillateur de ceux de l'amplificateur HF. Cet isolement n'est pas seulement obtenu en blindant soigneusement ces étages, mais également en utilisant un moyen de couplage approprié pour introduire le signal de l'oscillateur dans l'étage convertisseur. La tension d'oscillation locale peut être introduite dans cet étage soit par couplage inductif, soit par couplage électronique. Elle peut être amenée sur la cathode, sur la grille de commande, sur la grille écran ou sur la grille de suppression.

Très souvent on monte une lampe à cinq grilles, une heptode, comme lampe convertisseuse. Ces lampes ont été spécialement conçues pour obtenir une indépendance presque totale entre les signaux de l'oscillateur local et les signaux reçus des émetteurs, sans pour cela qu'il soit nécessaire d'utiliser deux lampes séparées.

Comme nous le verrons sous peu, les deux premières grilles (à partir de la cathode) G_1 et G_2 , sont utilisées pour la production des oscillations locales; ces deux grilles et la cathode forment une triode, car G_2 joue le rôle d'une plaque.

Le signal incident est appliqué sur la 3ème ou la 4ème grille. Etant donné que le courant anodique va de la cathode vers la plaque, aucun signal appliqué sur la 3ème ou la 4ème grille ne peut retourner en arrière pour exercer une influence sur les grilles 1 ou 2. C'est pour cette raison que les lampes multi-grilles de ce type suppriment pratiquement le glissement de fréquence.

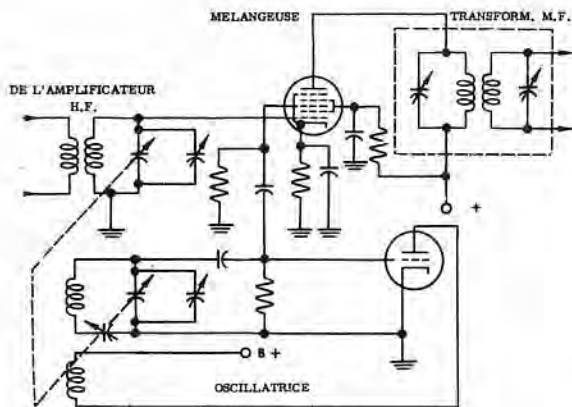


Fig. 4 - On peut utiliser une heptode (lampe à 5 grilles) comme mélangeuse. Une triode séparée produit les oscillations locales qui sont superposées aux signaux d'entrée par couplage de l'oscillateur avec la troisième grille de l'heptode.

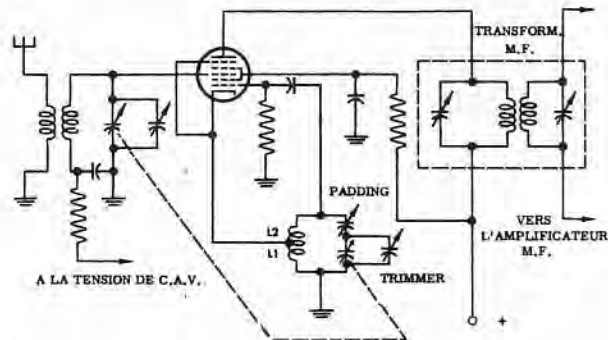


Fig. 5 - Heptode utilisée en convertisseuse. Dans ce montage, l'oscillateur est constitué par les deux premières grilles. L'emploi de ce circuit est fréquent.

L'ETAGE MELANGEUR

Reportons-nous à la **figure 3** qui représente les divers types de mélangeuses et les divers procédés d'injection du signal; on remarquera en outre que l'on peut employer aussi bien des pentodes que des triodes.

Dans la **figure 3-A**, la sortie de l'oscillateur à grille accordée est couplée inductivement au circuit de cathode de la mélangeuse.

Dans la **figure 3-B**, on trouve un oscillateur Hartley modifié, avec couplage électronique, couplé par une capacité à la grille de commande de la mélangeuse. L'oscillateur comporte une pentode, au lieu d'une triode, car la pentode permet d'obtenir une meilleure stabilité des oscillations.

La **figure 3-C** montre un oscillateur à grille accordée, couplé directement à la grille-écran de la mélangeuse.

Enfin, la **figure 3-D** représente un oscillateur Hartley modifié, dans lequel la tension d'oscillation est prélevée sur la grille de commande qui est reliée directement à la grille de suppression de la mélangeuse.

L'avantage principal du couplage entre deux étages au moyen de la grille de suppression réside dans le fait que la grille-écran sépare effectivement le signal de l'oscillateur de celui arrivant par l'antenne (qui est appliqué à la grille de commande de la mélangeuse). Ce montage améliore la stabilité de la réception en évitant tout glissement de fréquence. Toutefois, avec ce système, la grille de suppression de la mélangeuse est portée au même potentiel que la grille de commande de l'oscillatrice. Or celle-ci est à un potentiel négatif par rapport à la cathode, ce qui produit une diminution du coefficient d'amplification de la lampe mélangeuse, par polarisation négative de sa grille de suppression.

La mélangeuse heptode — On peut employer comme mélangeuse la lampe multigrille heptode, déjà connue de nos lecteurs, comme le montre le schéma de la **figure 4**.

En regardant les cinq grilles de bas en haut, on

peut constater que la première et la troisième font respectivement fonction de première et de deuxième grille de commande la première pour les signaux arrivant de l'antenne, et la troisième pour ceux de l'oscillateur local.

La seconde et la quatrième grille, reliées ensemble à l'intérieur du tube, servent d'écran, tandis que la cinquième grille, reliée à la cathode par une connexion interne, est la grille de suppression.

La tension de l'oscillateur est appliquée — répétons-le — à la deuxième grille de commande, la quelle est isolée de la plaque et de la première grille par la grille-écran. Cette technique de construction permet de réduire le glissement de fréquence au minimum possible.

Le signal HF reçu par l'antenne est appliqué à la première grille de commande à laquelle est branché le circuit accordé couplé à l'antenne ou à la sortie de l'étage amplificateur HF. Les deux grilles de commande influent toutes deux sur le courant électronique qui circule entre la cathode et la plaque, de telle sorte que ces deux signaux et leurs combinaisons, se retrouvent à la sortie de la mélangeuse.

La convertisseuse heptode — Pour un fonctionnement sur des fréquences relativement peu élevées, pour lesquelles l'influence réciproque des électrodes est peu importante, on peut employer l'heptode comme convertisseuse. Dans ce cas, elle remplit à la fois les fonctions de mélangeuse et d'oscillatrice locale, comme le montre la **figure 5**. La partie oscillatrice est constituée par la cathode, la première grille de commande et la double grille-écran (grilles 2 et 4) qui — comme nous l'avons dit plus haut — sert d'anode pour l'oscillateur. La réaction nécessaire pour produire et entretenir les oscillations est obtenue au moyen de l'autotransformateur composé des bobines L_1 et L_2 ayant une extrémité commune. Le courant qui va vers la cathode à travers L_1 induit une tension de réaction dans L_2 . La tension d'oscillation présente sur la première grille de commande agit sur le courant électronique qui passe dans le tube. Le signal HF, capté

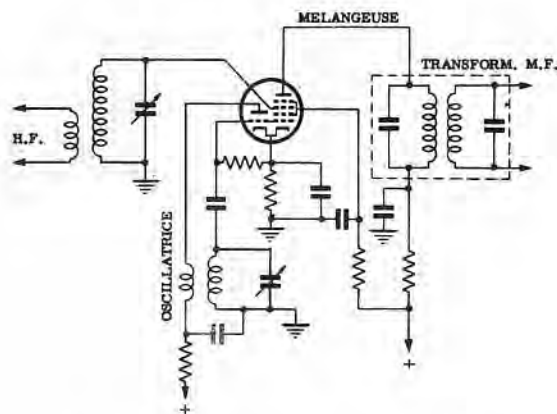


Fig. 6 - Conversion ou changement de fréquence par triode-hexode. Le couplage est direct car les deux éléments du tube ont une grille commune.

par l'antenne, est appliqué sur la deuxième grille de commande (grille 3).

Dans un montage de ce genre, on peut également utiliser une octode. Avec ce tube la stabilité est encore meilleure car on dispose d'une grille supplémentaire, la grille n° 2, qui forme une triode avec la première grille et la cathode, laissant libre la double grille-écran. Le découplage entre l'étage oscillateur et le mélangeur est encore plus efficace.

Conversion par triode-hexode — Le tube triode-hexode permet de réaliser un montage convertisseur de fréquence analogue à celui de l'octode; le schéma est celui de la figure 6. Nous disposons de deux lampes indépendantes contenues dans une ampoule unique. La triode sert d'oscillatrice et l'hexode de mélangeuse.

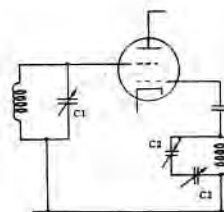
Le couplage entre ces deux tubes se fait en réunissant la grille de la triode à la troisième grille de l'hexode; cette liaison peut être — selon le type de tube — soit intérieure, soit extérieure.

Gain de conversion — Le gain d'un étage convertisseur de fréquence se calcule en faisant le rapport entre la tension à Fréquence Intermédiaire (Moyenne Fréquence), recueillie dans le circuit plaque de la mélangeuse, et la tension du signal HF incident appliqué sur la grille de ce même étage. Le gain de conversion est généralement égal à 0,3 fois le gain de la même lampe employée en amplificatrice MF ou HF.

LA COMMANDE UNIQUE ou L'ALIGNEMENT DES CIRCUITS ACCORDES

Il est important de noter que, dans tous les montages convertisseurs de fréquence précédemment étudiés, le condensateur variable du circuit d'accord de l'oscillateur doit suivre pas à pas celui du circuit d'accord d'antenne. Nous savons maintenant que la différence entre ces deux fréquences doit être constante et égale à la Moyenne Fréquence ou Fréquence Intermédiaire.

En plus de ce condensateur variable, le circuit d'un convertisseur comporte d'autres capacités ajustables, appelées « padding » et « trimmer », qui peuvent être



CONDENS.	CAPACITE	RAPPORT DES CAPACITES	RAPPORT DES FREQUEN.
C1	40 - 360 pF	1 : 9	1 : 3
C2	40 - 360 pF	1 : 9	
C3	20 pF		
C2 et C3	valeur eff. 70 - 300 pF	environ 1 : 5,6	environ 1 : 2,36

Fig. 7 - Utilisation d'un « padding » pour adapter la gamme de fréquences couverte par l'oscillateur. Etant placé en série avec le condensateur variable il en réduit la capacité, ramenant la variation totale à la valeur nécessaire. Le tableau de droite met en évidence la variation du rapport des fréquences et la capacité minimale et maximale. Le « padding » révèle son influence maximale à l'extrémité des fréquences plus basses.

réglées séparément pour faire en sorte que la différence entre les deux fréquences de résonance reste constante dans toute la gamme de réception, c'est-à-dire pour l'entière rotation du condensateur variable double.

Le « trimmer » est un petit condensateur ajustable, branché en parallèle sur le condensateur variable, dont l'effet est maximum du côté des fréquences les plus élevées de la gamme à recevoir.

Le « padding » est également un condensateur ajustable, branché en série avec le condensateur variable, dont l'effet est maximum du côté des fréquences basses de la gamme. Ce sont deux organes dont les fonctions ont été déjà expliquées dans ce Cours.

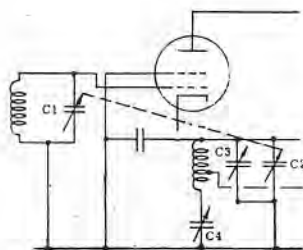
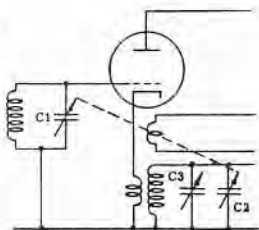
Il est facile de vérifier l'importance du padding en examinant la figure 7 et le tableau qui y est annexé: C₁ et C₂ sont les condensateurs variables jumelés. Chacun des deux a la même variation de capacité (de 40 à 360 pF); toutefois ils permettent l'accord simultané de deux circuits sur des fréquences différentes. Le circuit de l'oscillatrice oscille sur une fréquence plus élevée que celle du circuit d'accord, la différence étant constante et égale à la moyenne fréquence. Par exemple, si la gamme de réception du récepteur va de 1 000 à 3 000 kHz et que la Moyenne Fréquence est de 465 kHz, l'oscillateur devra s'accorder entre 1 465 et 3 465 kHz. Le rapport des deux fréquences extrêmes du circuit d'accord est de 1 : 3, tandis que celui du circuit de l'oscillateur n'est que de 1 : 2,36. Par contre le rapport des capacités, minimales et maximales, des deux condensateurs est le même, 1 : 9.

Etant donné que la fréquence d'accord est inversement proportionnelle à la racine carrée, soit:

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

la corrélation est exacte, en ce qui concerne C₁, entre le rapport des fréquences 1 : 3 et le rapport des capacités 1 : 9. Par contre, pour le condensateur C₂, le rapport des fréquences, 1 : 2,36, ne correspond pas au rapport des capacités 1 : 9 (car la racine carrée de

CONDENS.	CAPACITE	RAPPORT DES CAPACITES	RAPPORT DES FREQUEN.
C1	40-360 pF	1 : 9	1 : 3
C2	40-360 pF	1 : 9	
C3	500 pF (ajustable)		
C2 et C3	valeur eff. 37-210 pF	environ 1 : 5,6	environ 1 : 2,36



CONDENS.	CAPACITE	RAPPORT DES CAPACITES	RAPPORT DES FREQUEN.
C1	40-360 pF	1 : 9	1 : 3
C2	40-360 pF	1 : 9	
C3	3 pF (ajustable)		
C4	500 pF (ajustable)		
C2, C3, C4	valeur eff. 40-210 pF	environ 1 : 5,2	environ 1 : 2,3

Fig. 8 - Utilisation d'un «trimmer» pour modifier la variation de la capacité d'accord par la mise en parallèle d'un condensateur ajustable. Comme on le voit dans le tableau, bien que C3 soit de valeur assez faible, sa présence modifie considérablement le rapport des capacités et des fréquences. Contrairement à ce qu'on a vu pour le «padding», l'influence du «trimmer» est minime aux fréquences basses et maximum aux fréquences hautes.

Fig. 9 - Utilisation simultanée du «trimmer» et du «padding». Leurs actions respectives permettent d'adapter parfaitement les rapports des capacités des deux sections du condensateur variable (et, en conséquence, les rapports des fréquences), totalité du cadran. Nous répétons que ces deux éléments sont des condensateurs additifs semi-fixes (compensateurs qu'on peut régler séparément pour parvenir à l'alignement parfait de la gamme).

9 = 3 et non 2,36). C'est pourquoi on ajoute en série le condensateur C3 qui est le padding. L'adjonction de ce condensateur ajustable, d'une capacité maximum de 500 pF, fait que la variation de C₂ se situe maintenant entre 37 et 210 pF (voir à ce sujet la formule permettant de calculer la capacité résultante de deux condensateurs en série). Le rapport des capacités maximale et minimale de C₂ devient 1 : 5,6, et cette combinaison donne bien le rapport des fréquences désiré, soit 1 : 2,36.

Il convient de remarquer que l'influence du padding est presque négligeable du côté des fréquences élevées de la gamme (c'est-à-dire lorsque le condensateur variable est au minimum de capacité). En effet, la capacité minimale du condensateur C₂ qui est de 40 pF, sans padding, passe à 37 pF avec le padding en série. Par contre, son action est prépondérante du côté des fréquences basses (c'est-à-dire lorsque la capacité du condensateur variable est au maximum de sa valeur), puisque la capacité maximale de C₂ passe de 360 à 210 pF.

Reportons-nous maintenant à la figure 8 donnant le schéma d'un montage utilisant un «trimmer» : C₁ et C₂ sont les mêmes condensateurs variables que ceux de l'exemple précédent. C₃ est l'ajustable (trimmer) branché en parallèle sur C₂ et dont la capacité est de 30 pF. La mise en parallèle de C₂ et de C₃ fait que la variation de capacité, obtenue en tournant C₂, est comprise entre 70 et 390 pF. Il s'ensuit que le rapport entre les capacités extrêmes est de 1:5,6, qui convient parfaitement au rapport des fréquences couvertes par l'oscillateur qui doit être de 1:2,36.

Au contraire de ce que nous avons constaté plus haut pour le padding, l'influence du trimmer est peu importante aux fréquences basses (condensateur variable au maximum de capacité), mais elle est prépondérante aux fréquences élevées (capacité au minimum). Son effet est tel que la capacité résiduelle du condensateur variable C₂ passe de 40 à 70 pF, tandis que la capacité maximum passe de 360 à 390 pF. Dans ce cas, la capacité minimale est presque doublée, tandis que la capacité maximale change fort peu.

Si nous considérons enfin la figure 9, nous comprendrons facilement que le «padding» et le «trimmer» peuvent être utilisés conjointement. L'adjonction de C₃, c'est-à-dire d'un trimmer de 30 pF, et de C₄, un padding de 500 pF, permet de réaliser une combinaison de laquelle il résulte que le condensateur variable est réglable entre 40 et 210 pF. On obtient ainsi un rapport des capacités de 1:5,2 environ, donnant un rapport des fréquences de 1:2,3 pour le circuit d'accord de l'oscillateur. «Padding» et «trimmer» sont, répétons-le, des condensateurs ajustables pouvant être réglés séparément pour réaliser un alignement parfait aux deux extrémités de la gamme.

L'AMPLIFICATEUR MOYENNE FREQUENCE

L'amplificateur Moyenne Fréquence (ou à Fréquence Intermédiaire) est un amplificateur à forte amplification, accordé sur une fréquence fixe, égale à la différence entre la fréquence de l'oscillateur local et celle du signal reçu. Un étage M.F. comporte une lampe amplificatrice, un circuit d'entrée et un circuit de sortie. La lampe amplificatrice est généralement une pentode; les récepteurs de Radiodiffusion n'ont — presque toujours — qu'un seul étage MF. Par contre les récepteurs professionnels ou de trafic, ont en général deux ou trois étages amplificateurs moyenne fréquence, et il n'est pas rare d'y rencontrer deux valeurs différentes de M.F., d'où un double changement de fréquence.

Chaque étage est accordé sur la fréquence fixe choisie, puisque tous les signaux reçus sont convertis sur cette fréquence par l'étage changeur de fréquence, ou convertisseur. Il en résulte que tous les circuits accordés de l'amplificateur MF peuvent être réglés une fois pour toutes pour obtenir la plus forte amplification et la meilleure sélectivité. Pratiquement, dans un récepteur superhétérodyne, la sélectivité, c'est-à-dire la séparation des émetteurs travaillant sur des fréquences voisines, et la plus grande partie de l'amplification totale, c'est-à-dire la sensibilité, sont obtenues dans l'amplificateur moyenne fréquence. La fréquence image, dont nous avons parlé plus haut, est

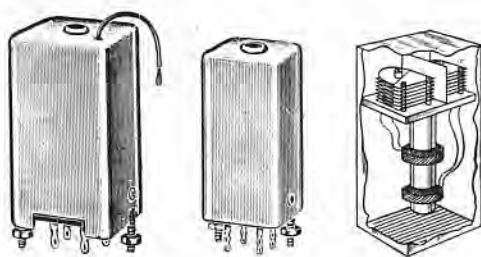


Fig. 10 - Modèles de transformateurs Moyenne Fréquence dans leurs boîtiers. Celui de droite est représenté vu en coupe, pour montrer la position des bobines et des condensateurs ajustables.

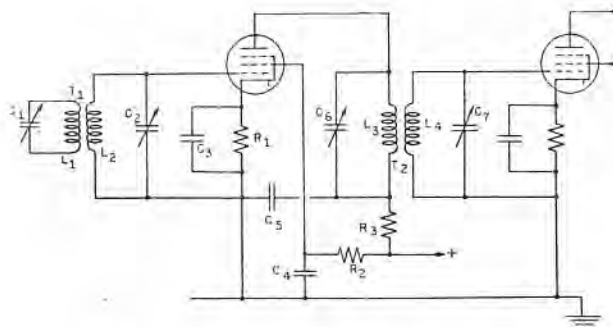


Fig. 11 - Schéma de principe d'un amplificateur Moyenne Fréquence. L1 - L2 - L3 - L4 - forment, avec les condensateurs ajustables placés à leurs bornes, les circuits résonnants couplés (transformateurs MF).

rejetée d'autant plus loin du sommet de la courbe de résonance des divers circuits accordés, que la moyenne fréquence est plus élevée.

Pour cette raison, le choix de la valeur de la fréquence intermédiaire est un compromis entre une fréquence élevée, qui atténue considérablement les interférences dues à la fréquence image, et une fréquence plus basse, qui donne une meilleure sélectivité et permet une meilleure séparation entre les émetteurs travaillant sur des fréquences voisines.

Les récepteurs actuels du commerce ont une Moyenne Fréquence comprise entre 450 et 470 kHz.

Généralement, les transformateurs M.F. ont deux circuits accordés, c'est-à-dire que le primaire et le secondaire sont tous deux accordés sur la fréquence de fonctionnement. Toutefois, dans certains cas et pour des raisons spéciales, les transformateurs M.F. ne comportent qu'un seul circuit accordé, le secondaire; le primaire étant alors apériodique.

Les transformateurs Moyenne Fréquence peuvent être bobinés sur air ou sur noyaux de fer pulvérulent. Ceux de ce dernier type sont pourvus de condensateurs fixes au mica et l'accord se fait au moyen du noyau que l'on enfonce plus ou moins dans le mandrin de la bobine. Ce noyau, fileté à l'extérieur, se visse dans les gorges du mandrin; ce genre d'accord s'appelle, nous l'avons déjà vu, « accord par variation de perméabilité ».

La figure 10 représente quelques types de transformateurs M.F. Les bobinages et les condensateurs sont enfermés dans un petit boîtier métallique — généralement en aluminium — qui forme blindage. Dans le cas où l'on utilise des inductances de valeur fixe et des capacités variables, ces dernières sont constituées par des condensateurs ajustables de faible valeur, que l'on peut régler au moyen de vis, ou d'axes fendus, accessibles par les trous percés dans le blindage. A travers ces ouvertures on peut passer la pointe d'un tournevis spécial isolé, ou une clé à tube en matière isolante, selon le modèle d'ajustable employé; le réglage peut donc se faire, et doit être fait, sans retirer le boîtier métallique.

La figure 11 donne le schéma d'un amplificateur Moyenne Fréquence à deux étages équipés de pentodes. T₁ est le transformateur d'entrée dont le circuit primaire, formé de L₁ et de C₁, est placé en série dans le circuit anodique de la lampe convertisseuse d'où provient le signal à fréquence intermédiaire sur laquelle le transformateur est accordé. Le circuit secondaire, formé de L₂ et de C₂, est accordé sur la même fréquence et sert de circuit d'entrée à la lampe amplificatrice. La résistance R₁, reliée en série avec la cathode, fournit la tension de polarisation nécessaire au fonctionnement du tube, tandis que C₃ dérive à la masse les tensions HF éventuellement présentes aux bornes de cette résistance. La résistance R₂ et le condensateur C₄ sont respectivement la résistance pour l'alimentation de la grille-écran et le condensateur de découplage de cette même électrode. R₃ et C₅ forment un circuit de découplage dont le rôle est d'éviter un retour possible des signaux par la ligne d'alimentation, ce qui aurait pour effet de provoquer des accrochages, ou tout au moins de l'instabilité. En effet, C₅ offre un passage à faible résistance vers la masse pour les courants alternatifs, tandis que R₃ complète cette action en évitant que ces mêmes courants se dirigent vers la source d'alimentation anodique. Des découplages de ce genre sont couramment utilisés dans les circuits de grille-écran et de plaque des tubes amplificateurs.

L₃ et C₆ forment le circuit primaire du second transformateur M.F., T₂. Le circuit secondaire, constitué par L₄ et C₇ est couplé inductivement au primaire et forme le circuit d'entrée de l'étage suivant, qui peut être un deuxième étage Moyenne Fréquence, (comme sur la figure), ou un détecteur. Ces deux circuits, primaire et secondaire, sont également accordés sur la fréquence intermédiaire.

Etant donné que c'est l'amplificateur M.F. qui fournit la plus grande part de l'amplification totale dans un récepteur changeur de fréquence (superhétérodyne), le nombre des étages qui le compose détermine la sensibilité du récepteur. Comme nous l'avons indiqué plus haut, le choix de la fréquence intermédiaire dé-

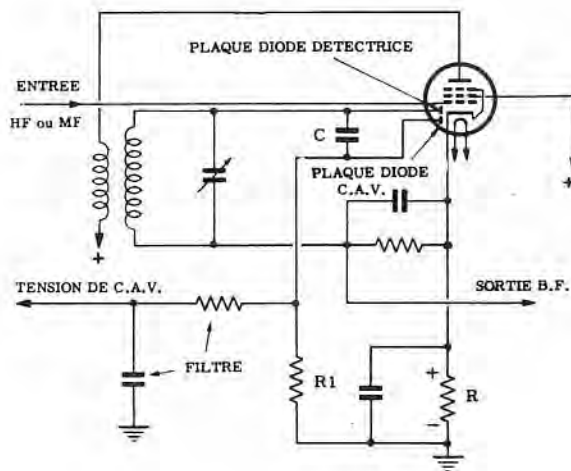


Fig. 12 - Schéma de principe d'un dispositif de la diode C.A.V. différée. On remarque que la diode négative par rapport à la cathode et seuls les signaux dont l'amplitude est supérieure à cette tension négative peuvent fournir une tension de C.A.V. On remarque que la diode destinée à cette fonction est séparée de celle destinée à la fonction détectrice tout en étant toutes les deux contenues dans la même lampe.

pend de nombreux facteurs, et notamment de la sélectivité requise. Plus la fréquence intermédiaire sera élevée, moins grande sera la sélectivité que l'on pourra obtenir du récepteur.

Dans la majorité des cas, les étages amplificateurs M.F. sont équipés de lampes à pente variable qui permettent l'application d'une Commande Automatique de Volume (C.A.V.), ou Commande Automatique de Gain (C.A.G.), que nous avons étudié dans la 65ème leçon. Ce dispositif, qui a pour but de maintenir un volume de sortie aussi constant que possible, quelles que soient les conditions de réception, est réalisé en envoyant la tension continue négative recueillie aux bornes de la résistance de charge du détecteur, et convenablement filtrée, à la grille de commande des étages amplificateurs à travers le secondaire du transformateur M.F., c'est-à-dire par L_2 ou L_4 (voir figure 11).

C.A.V. DIFFEREE

Pour compléter ce que nous avons dit à propos des différents systèmes de C.A.V., il convient de mentionner que les tubes à pente variable fonctionnent généralement avec une tension de polarisation de la grille de commande de l'ordre de -3 volts; la tension de C.A.V. est appliquée en série avec cette tension fixe.

Un des inconvénients du système consiste dans le fait que n'importe quel signal, aussi faible soit-il, contribue à diminuer le coefficient d'amplification de la lampe, tandis qu'en réalité ce dispositif devrait uniquement servir à établir un équilibre entre les divers signaux reçus, en réduisant l'intensité des plus puissants et en amplifiant davantage les plus faibles.

La figure 12 représente un montage de C.A.V. qui remédie à cet inconvénient et que l'on appelle **C.A.V. différée**. On remarquera immédiatement que la diode de C.A.V. est distincte de celle servant à la détection, bien qu'étant dans la même ampoule qui renferme également la pentode amplificatrice M.F., ou, parfois, la première amplificatrice B.F.

Ce tube, figuré sur le schéma, est une double-diode pentode. Une partie du signal appliqué à la diode dé-

tectrice est transmise à la diode de C.A.V. par la capacité C. La plaque de cette diode est portée à un potentiel négatif constant par la résistance de polarisation R, insérée dans la cathode du tube. Cette tension négative neutralise en partie la tension de C.A.V. car celle-ci ne peut apparaître que lorsque la tension développée par le signal aux bornes du secondaire du transformateur MF est supérieure à la tension négative appliquée sur la plaque de la diode. Avec ce dispositif, la C.A.V. n'entre en action, et diminue l'amplification des étages M.F., que si le signal reçu a une amplitude suffisante (que l'on peut d'ailleurs fixer par un réglage approprié); dans tous les autres cas, l'amplification garde sa valeur maximale.

La tension de C.A.V. peut être appliquée à toutes les lampes amplificatrices, ou seulement à certaines d'entre elles, selon les besoins.

Pour terminer, nous dirons qu'un récepteur superhétérodyne, ou à changement de fréquence, comporte les sections suivantes:

- 1) Section d'alimentation (à c.a. ou c.c. ou mixte);
 - 2) » amplificatrice HF (non indispensable);
 - 3) » convertisseuse (constituée par la mélangeuse et l'oscillatrice);
 - 4) » amplificatrice MF (à un ou plusieurs étages);
 - 5) » détectrice (avec C.A.V. simple ou différée);
 - 6) » préamplificatrice BF;
 - 7) » amplificatrice finale (à un ou deux étages).
- et les commandes ci-dessous:

- 1) Commande d'allumage, souvent combinée avec une autre;
- 2) » de volume (immédiatement après la détectrice);
- 3) » de tonalité (pour faire varier le timbre de la reproduction, non indispensable);
- 4) » de changement de gammes de réception;
- 5) » d'accord (pour la recherche des stations).

La méthode d'alignement des récepteurs de ce type sera exposée dans une leçon ultérieure.

Leçon n° 71

UNITES DE MESURE

Lord Kelvin, disait:

« Si vous pouvez mesurer ce dont vous parlez et l'exprimer par un nombre, vous savez quelque chose de votre sujet... ».

Saurait-on, aujourd'hui, en si peu de mots, mettre plus clairement en évidence l'importance capitale du problème des mesures, dans le domaine des sciences physiques, pures et appliquées?

Et le célèbre physicien anglais connaissait exactement ce dont il parlait, lui, dont l'oeuvre s'étend à toutes les branches de la physique, qui a imaginé et perfectionné de nombreux dispositifs de mesures.

Qui dit: mesure, dit obligatoirement: unités donc, systèmes d'unités de mesure.

Or, notre expérience déjà longue (hélas!) de l'enseignement technique, nous a convaincus que les dites unités étaient la « bête noire » des étudiants, comme de ceux qui ont cessé d'étudier (mais, au fait, l'homme moderne cesse-t-il vraiment, un seul jour, d'être étudiant?).

Et pourtant, le problème des unités est très simple, lorsqu'on a bien compris la signification de la grandeur que l'on doit mesurer, sa définition, ainsi que le phénomène physique qui s'y rattache; lorsque, également, on connaît bien les autres grandeurs dont elle dépend, le sens dans lequel celles-ci l'influencent. Il faut enfin, **définir clairement** l'unité dans laquelle on exprime la grandeur. On retient alors facilement son nom, et on ne l'oublie jamais plus; d'autant plus que, dans la majorité des cas, ce nom est celui d'un physicien connu.

C'est ce que nous allons tenter de montrer. Un système d'unités est quelque chose de conventionnel, donc d'arbitraire. C'est pourquoi il y a une infinité de systèmes possibles. En ne considérant pratiquement que ceux dérivés du système métrique, décidé par la Convention en 1793, complété et devenu légal en France sous la forme M.T.S. (mètre, tonne, seconde) depuis 1919, leur nombre est limité à quatre.

Le décret n° 61 - 501 du 3 mai 1961 a rendu obligatoire, en France, l'emploi du système MKSA rationalisé - ou système de Giorgi.

Aussi, après avoir rappelé brièvement les unités fondamentales des trois autres systèmes, c'est ce seul système que nous examinerons en détail.

Et dorénavant, c'est lui, qui sera employé dans cette revue, en correspondance avec le système C.G.S., dit « pratique industriel » que beaucoup de nos lecteurs connaissent. En traduisant les formules C.G.S. en M.K.S.A. rationalisé, nous permettrons à tous de s'y retrouver.

MESURE D'UNE GRANDEUR

Mesurer une grandeur, c'est la comparer à une grandeur de **même espèce** prise pour unité.

Mais, qu'est-ce qu'une grandeur?

On donne le nom de **grandeur** à tout ce qui est susceptible d'être augmenté ou au contraire diminué. Il en est ainsi de la longueur, de la masse, de l'intensité d'un courant électrique, de la résistance d'un conducteur, etc...

Ainsi, pour mesurer la longueur d'une table, on se sert d'un mètre (grandeur de même espèce) que l'on reporte sur la table autant de fois qu'il est nécessaire. Si ce report s'effectue quatre fois, nous dirons que la longueur de la table est égale à quatre mètres ou ce qui revient au même, que la table mesure quatre mètres dans le sens de sa longueur.

Il est, toutefois indispensable de remarquer que la mesure n'est possible que pour certaines grandeurs seulement; ce qui nous amène à distinguer deux sortes de grandeurs: les grandeurs **mesurables** et les grandeurs dites **repérables**.

Grandeurs mesurables

Une grandeur est mesurable si l'on peut définir:

1) **Deux grandeurs égales**. C'est le cas de la longueur, de la masse, de la force, etc... En plaçant deux règles côte à côte, par exemple il est facile de vérifier si celles-ci ont même longueur.

2) **Une grandeur somme de deux grandeurs de même espèce**. C'est toujours le cas de la longueur, de la masse, de la quantité de chaleur, etc...

Par exemple, en disposant bout à bout deux règles identiques, on obtient une règle de longueur double.

En disposant en parallèle deux circuits, parcourus, l'un par un courant d'intensité 2 ampères, l'autre par un courant d'intensité 8 ampères, on obtient, dans le conducteur principal, un courant unique dont l'intensité est égale à la somme des deux autres, soit 10 ampères.

La résistance électrique, l'intensité d'un courant électrique sont des grandeurs mesurables.

Grandeurs repérables

Par contre, il n'est pas possible d'additionner deux **températures**. Tout le monde sait que le mélange d'un litre d'eau à 20 °C et d'un second litre d'eau également à

20 °C donne deux litres d'eau à 20 °C et non pas deux litres à 40 °C.

De même, l'addition de deux altitudes, deux intelligences, deux couleurs, deux bonheurs est **strictement impossible** :

La température, l'altitude, l'intelligence, la couleur, ... ne sont pas des grandeurs mesurables, mais **repérables**.

On prend simplement une échelle portant des divisions arbitraires et l'on se contente de repérer l'égalité de la grandeur considérée avec une division de l'échelle.

Cette opération est particulièrement simple pour les températures dont le repérage est basé sur un phénomène physique bien connu : la dilation d'un liquide, une petite colonne de mercure ou d'alcool coloré phénomène qui, lui, est mesurable. On choisit arbitrairement deux points de l'échelle. Dans l'échelle centésimale, ces deux points sont : **zéro** (glace fondante) et **cent** (vapeur d'eau bouillante). On divise ensuite linéairement l'intervalle compris entre les 2 points extrêmes, et l'on peut prolonger la graduation au-dessous de zéro et au-dessus de cent.

De même, on repère une altitude par rapport au niveau zéro qui est, généralement, celui du niveau moyen de la mer.

Cependant, dans le langage courant, on parle de la mesure des températures. D'ailleurs, les méthodes électriques, qui font appel à la variation de résistance en fonction de la température d'éléments thermosensibles (résistances, non linéaires, à coefficient de température négatif), ramènent le **repérage** d'une température à la **mesure** d'une intensité de courant ou d'une tension (thermomètres électroniques).

Systèmes d'unités

Un système d'unités est l'ensemble des unités servant à la mesure des différentes grandeurs physiques.

Un système d'unités est dit **cohérent** lorsque les unités qui le composent satisfont à la double condition d'être de même **espèce** que la grandeur qu'elles servent à mesurer et d'être **dérivées** de quelques-unes, plus importantes, appelées : unités **fondamentales**.

Si les unités d'un système ne satisfont qu'à la première propriété (être de même espèce), le système dit **incohérent**.

Unités fondamentales

Les unités fondamentales se définissent arbitrairement. indépendamment les unes des autres, soit en choisissant un **étalon** (mètre), soit par rapport à un **phénomène** naturel. C'est le cas la **seconde**, qui se définit par rapport à la rotation de la terre.

Pratiquement pour l'étude des **phénomènes mécaniques**, il suffit de trois unités fondamentales : celles de longueur, et de masse, temps ou de longueur, force et temps.

Un système d'unités électriques et électromagnétiques doit être rattaché à un système mécanique. En effet, lorsque l'on consulte un formulaire d'électricité, on constate que la plupart des formules comportent des

grandeurs mécaniques : **énergie** (loi de Joule); **puissance** (Loi de Joule également); **force** (Loi de Laplace).

Mais, il doit obligatoirement comporter une **quatrième unité fondamentale**, pour être cohérent.

Unités dérivées

Les unités dérivées, comme leur nom l'indique, dépendent étroitement des unités fondamentales; **elles ne peuvent pas se définir arbitrairement**. Voyons quelques exemples simples :

1 - La surface d'un rectangle est proportionnelle à sa longueur L et à sa largeur l et, par conséquent, au produit de ses deux dimensions :

$$S = L \times l$$

C'est donc selon le système utilisé le **centimètre carré** (cm²) ou le **mètre carré** (m²); unités dérivées de l'unité fondamentale de longueur; le **centimètre** (cm) ou le **mètre** (m).

2 - La vitesse moyenne d'un mobile est proportionnelle à l'espace parcouru par celui-ci et inversement proportionnelle à la durée, t , du parcours :

$$v = \frac{e}{t}$$

Il est en effet intuitif, que la **vitesse** est d'autant plus **grande** que la durée du parcours donné est plus petite.

L'unité de longueur étant, selon le système considéré, le cm ou le m, et l'unité de temps étant toujours la seconde, la vitesse s'exprimera en **centimètres par seconde** cm/s) ou en **mètres par seconde** (m/s).

Systèmes d'unités mécaniques

Il existe trois systèmes qui admettent comme unités fondamentales celles de **longueur**, de **masse** et de **temps**. Ce sont :

1 - le **système C.G.S.** dont les trois unités fondamentales sont respectivement : le **centimètre**, le **gramme-masse**, la **seconde**.

Il n'est plus utilisé qu'en physique théorique (recherche fondamentale)

2 - le **système MTS**, plus connu sous le nom de système métrique, légal en France depuis 1919. Ses unités fondamentales sont : le **mètre**, la **tonne-masse**, la **seconde**,

Il n'a jamais été utilisé en électricité, ni, d'ailleurs en mécanique à cause de l'ordre de grandeur de certaines de ses unités (la tonne-masse en particulier) et de l'absence totale d'un système électromagnétique correspondant.

3 - le **système MKS**, ou système : **mètre**, **kilogramme-masse**, **seconde**.

Systèmes d'unités électriques

Nous avons déjà vu qu'un système d'unités électriques et électromagnétiques, devait être rattaché à un système mécanique.

On a d'abord employé le système C.G.S. Celui-ci a en effet donné lieu à deux systèmes **très différents**

Locked-in oscillator — Type de discriminateur qui ne réagit pas à la modulation d'amplitude, donc dépourvu d'un étage limiteur.

Locked oscillator — Oscillateur synchronisé.

Lock-in amplifier — Détecteur sensible à une seule fréquence; détecteur synchrone.

Lock-in base — Support local.

Locking — Synchronisation (contrôle de la fréquence d'un oscillateur au moyen d'un signal appliqué de fréquence constante; poursuite automatique d'une cible au moyen d'une antenne radar).

Locking-in — Verrouillage, synchronisme, accrochage (déplacement et maintien automatique d'une ou des deux fréquences de deux systèmes oscillants couplés ensemble, de sorte que les deux fréquences aient le rapport de deux nombres entiers).

Locking relay — Relais de blocage.

Locking switch — Interrupteur à serrure.

Lock-in oscillator detector — Circuit démodulateur à modulation de fréquence, basé sur le principe que la fréquence d'un oscillateur tend à se fixer sur la fréquence d'un autre signal fort, injecté dans le circuit oscillateur.

Look-in range — Gamme de fréquence dans laquelle un oscillateur peut être synchronisé au moyen d'un signal de synchronisation.

Lock-on — Moment où un radar commence à poursuivre automatiquement la cible donnée.

Lock-out — Blocage de ligne (dans un circuit téléphonique).

Lodar — Radiogoniomètre employé pour déterminer la direction de provenance de signaux « loran », par l'observation sur un oscilloscope de l'onde de surface et de celle d'espace; dispositif qui lance des signaux supersoniques le long d'un plan horizontal, où des échos servent à déterminer le type, la distance et les dimensions de la cible se trouvant plongée dans l'eau.

Lodestone — Type de minéral de nature ferro-magnétique.

Loftin-White circuit — Type de circuit amplificateur à couplage direct.

Log — Abréviation de « logarithm » (logarithme); liste de stations radio avec l'indication de la puissance, fréquence, position, etc.; annotation d'une station, d'amateur ou commerciale, comprenant l'indication des stations avec lesquelles elles sont entrées en connexion.

Logarithm — Logarithme (indice ou puissance auquel un nombre déterminé, nommé base, doit être élevé pour égaler ladite quantité).

Logarithmic amplifier — Amplificateur logarithmique (où le signal de sortie est une fonction logarithmique du signal d'entrée).

Logarithmic condenser — Condensateur logarithmique.

Logarithmic curve — Courbe logarithmique.

Logarithmic decrement — Décrément logarithmique (d'une oscillation).

Logarithmic horn — Corbeille de haut-parleur dont le diamètre varie avec la longueur selon une règle logarithmique.

Logarithmic louspeaker — Voir « logarithmic horn ».

Logarithmic potentiometer — Potentiomètre logarithmique.

Logarithmic scale — Echelle logarithmique.

Logarithmic sweep — Déplacement logarithmique.

Logatom — Logatome (syllabe isolée).

Logging — Prendre note de n'importe quelle donnée se rapportant à un appareil radio.

Logical comparison — Comparaison logique (dans les calculateurs électroniques la comparaison de deux choses, vis à vis d'une de leurs caractéristiques, afin d'obtenir un « oui » (1) si elles sont égales ou bien un « non » (0) si elles diffèrent).

Logical design — Projet logique (d'un calculateur électronique).

Logical element — Élément logique (dans les calculateurs électroniques, circuit ou dispositif capable de réaliser des opérations logiques).

Logical function — Fonction logique.

Logical multiplication — Multiplication logique.

Logical operation — Opération logique (dans les calculateurs électroniques, une opération non arithmétique, comme une comparaison, une sélection, un choix, etc.).

Logical switch — Interrupteur logique (dans les calculateurs électroniques, un circuit de commutation capable de conduire un signal d'entrée vers l'une d'un nombre déterminé de sorties).

Logical symbol — Symbole logique.

Logs — Rapports par écrit.

Lo injection — Mise au point de l'amplitude du signal de l'oscillateur local pour le passer à l'étage convertisseur d'une superhétérodyne.

Loktal — Local.

Loktal base — Support local (type spécial de support pour les tubes de dimensions réduites, et qui sert à fixer solidement le tube sur un support à huit broches).

Loktal tube — Tube à support « loktal ».

Lone electron — Electron seul (sur un niveau d'énergie).

Long distance navigation aid — Aide à la navigation par voie radio pour les distances supérieures à la limite de la portée optique pour les ondes radio.

Long-distance scatter — Diffusion à longue distance.

Longitude — Longitude.

Longitudinal chromatic aberration — Aberration chromatique longitudinale (d'une image focalisée à travers une lentille).

Longitudinal circuit — Circuit unifilaire.

Longitudinal current — Courant longitudinal (courant qui circule dans la même direction dans les deux conducteurs d'une même ligne et fait usage de la terre comme parcours de retour).

Longitudinal heating — Chauffage (diélectrique) longitudinal (les électrons sont disposés de sorte que le champ électrique en résulte parallèle aux couches de matériau à chauffer).

Longitudinal magnetization — Magnétisation longitudinale (magnétisation d'un milieu magnétique dans une direction parallèle à la ligne de parcours).

Longitudinal magnification — Grandissement axial, grandissement longitudinal, grossissement longitudinal).

Longitudinal recording — Enregistrement longitudinal (type d'enregistrement stéréophonique où les microphones sont disposés le long d'une ligne à angle droit par rapport à la source sonore).

Longitudinal voltage — Tension longitudinale.

Longitudinal wave — Onde longitudinale (onde dans laquelle la direction de déplacement en chaque point du milieu est la même que celle de la direction de propagation).

Long-line effect — Effet de ligne longue (il se produit lorsqu'un oscillateur est couplé avec une charge à travers une ligne de transmission très longue par rapport à une longueur d'onde, et l'oscillation peut se produire sur deux ou plusieurs fréquences).

Long nose plier — Pince à longs becs.

Long-persistence screen — Ecran (fluorescent) à longue persistance.

Long play record — Disque à longue durée (disque phonographique de 25 à 30 cm de diamètre, fonctionnant à une vitesse de 33 1/3 tours par minute; le temps de reproduction peut durer 30 minutes par côté).

Long-range accuracy radar system — Système radar de précision à longue portée ou système « Lorac ».

Long-range navigation system — Système de radio-navigation à grande portée nommé Loran.

Long-range radar — Radar à grande portée.

Long-strain insulator — Isolateur à fort isolement.

Long-tail pair — Circuit pseudo-symétrique à résistance cathodique commune, qui délivre une forte réaction négative.

Long waves — Ondes longues (longueurs d'ondes supérieures aux 545 mètres, correspondant à des fréquences inférieures aux 550 kHz).

Long waves receiver — Poste récepteur pour les grandes ondes.

Long-wire antenna — Antenne linéaire qui, en vertu de la propre longueur considérable par rapport à la longueur d'onde de fonctionnement, fournit un diagramme directionnel; une antenne qui est plus longue, d'une demi-onde, que sa fréquence de fonctionnement.

Look for (to) — Chercher.

Lookout — Observatoire.

Look-through — Interruption irrégulière pour les périodes très brèves d'une transmission de signaux radio de perturbation (jamming).

Loom — Tube flexible non métallique utilisé pour protéger les fils isolés.

Loop — Boucle; graphique ayant la forme d'une courbe fermée comme par exemple un cycle d'hystérésis; ventre d'une onde stationnaire; répétition d'une séquence d'opérations dans un calculateur électronique).

Loop antenna — Cadre (formé d'une ou plusieurs spires complètes de fil).

Loop cable — Câble à deux conducteurs.

Loop circuit — Circuit métallique, circuit sans retour par la terre.

Loop current — Courant d'un circuit électrique fermé (boucle).

Loop directional effect — Effet directionnel d'un cadre.

Loop direction-finder — Radiogoniomètre à cadre.

Looped filament — Filament spiralé.

Loop gain — Gain d'une boucle de réaction.

Loop galvanometer — Galvanomètre à spirale.

Loops — Ventres (d'une onde stationnaire).

Loopstuck antenna — Antenne formée d'une bobine enroulée autour d'un noyau en ferrite.

Loop test — Essai à maille (essai pour localiser des contacts à la terre accidentaux sur des lignes télégraphiques ou téléphoniques, en employant un pont de Wheatstone).

Loop winding — Enroulement à spirale.

Loop wire — Fil de raccord.

Loop with wave trap — Cadre à filtre piège.

Loose — Large, lâche.

Loose connections — Liaisons lâches.

Loose coupler — Coupleur à large variation.

Loose coupling — Couplage lâche (couplage bien inférieur à celui critique).

Loose key — Clé à fiche.

Loose-key switch — Interrupteur à clé à fiche.

LOP — Abréviation de « Line of position » (ligne de position).

LORAC — Abréviation de « Long-Range Curacy radar system », (système radar de navigation à grande portée).

Lorad — Voir « Lodar ».

LORAN — Abréviation de « Long-Range Navigation », système de radio-navigation à grande distance pour des avions et des navires, qui fonctionne suivant le principe de la différence de temps entre deux signaux transmis presque simultanément par deux stations à terre.

Loran C — « Loran » fonctionnant sur des fréquences basses.

Loran chain — Chaîne de stations « Loran ».

Loran chart — Voir « Loran tables ».

Loran fix — Point fixe obtenu par l'intersection de deux lignes de position « Loran ».

Loran indicator — Indicateur « Loran » (indicateur qui permet l'observation optique simultanée des signaux émis par deux stations « Loran » à terre, et l'évaluation de la différence de temps pendant qu'on les reçoit).

Loran line — Ligne de position sur un tableau au « Loran ».

Loran set — Poste récepteur « Loran ».

Loran station — Station émettrice « Loran ».

Loran triplet — Combinaison de trois stations « Loran ».

Lorenz instrument landing system — Système à ondes continues pour l'atterrissage au moyen des instruments, composé d'un radiophare localisateur et de deux radiophares d'approche.

Loss — Perte, atténuation, affaiblissement, dissipation.

Loss angle — Angle de perte.

Losses — Matière ou élément qui dissipe de l'énergie.

Losses circuit — Circuit résonnant ayant une résistance suffisante Haute Fréquence pour empêcher une oscillation maintenue à la fréquence de résonance.

Losses in coil — Pertes dans la bobine.

Losses in condenser — Pertes dans le condensateur.

Losses in transformer — Pertes dans le transformateur.

Loss factor — Facteur d'affaiblissement ou de perte.

Lossless line — Ligne théoriquement parfaite qui ne présente aucune perte.

Loss modulation — Modulation par absorption.

Loss of potential — Perte de potentiel.

Loss of voltage — Perte de tension.

Lossy — Qui a des pertes.

Lossy attenuator — Longueur de guide d'ondes qui introduit délibérément une perte de transmission moyennant l'usage de quelques matériaux dissipatifs.

Lossy line — Câble de mesure qui présente une forte atténuation par unité de longueur; ligne de transmission projetée de façon à posséder un degré considérable d'atténuation.

Lossy matériel — Matière (diélectrique) qui dissipe d'énergie.

Loud hailer — Haut-parleur directionnel de forte puissance.

Loudness — Intensité (la qualité d'un son qui détermine l'amplitude de la sensation d'écoute produite par ledit son).

Loudness contours — Courbes d'intensité égale pour des ondes sonores sinusoïdales.

Loudness control — Contrôle de volume compensé (contrôle qui fait varier la réponse à la fréquence lorsque le niveau de volume est modifié; il sert à compenser la variation de la réponse à la fréquence de l'ouïe à des niveaux différents d'intensité sonore).

Loudness level — Niveau de pression sonore d'une note pure à 1 000 Hz dont on envisage que l'intensité est équivalente à celle du son pris en considération.

Loudspeaker — Haut-parleur (dispositif qui traduit les impulsions électriques de fréquences acoustiques en ondes sonores de fréquences correspondantes).

Loudspeaker cone — Cône du haut-parleur.

Loudspeaker dividing network — Réseau sélectif employé pour diviser le signal B.F. de sortie d'un amplificateur en deux ou plusieurs gammes de fréquences, qu'on envoie toutes au haut-parleur.

Loudspeaker impedance — Impédance de la bobine mobile d'un haut-parleur.

Loudspeaker paper cone — Cône en papier d'un haut-parleur.

Loudspeaker response — Réponse (à la fréquence) d'un haut-parleur.

Loudspeaker system — Combinaison d'un ou de plusieurs haut-parleurs.

Loudspeaker voice coil — Bobine de haut-parleur (bobine qui se meut dans un champ magnétique suivant le courant B.F. qui le traverse; ses mouvements sont transmis au cône du haut-parleur).

Loudspeaker with hum neutralizing coil — Haut-parleur à bobine de neutralisation du ronflement.

Louver — Grille de haut-parleur.

Low-altitude radio altimeter — Radio-altimètre à modulation de fréquence, pour des hauteurs limitées.

Low current — Courant bas, faible.

Low dissipation — Basse dissipation.

Low-drag antenna — Antenne d'avion à faible effet aéro-dynamique.

Low-energy arc — Arc à basse énergie.

Lower edge of channel — Limite inférieure du canal.

Lower pitch limit — Fréquence minimum, pour une onde sonore sinusoïdale, capable de donner au son une tonalité.

Lower sideband — Bande latérale inférieure

(bande latérale contenant toutes les fréquences, inférieures à la valeur de la fréquence porteuse, qui sont produites au moyen d'un procédé de modulation d'amplitude).

Lower side carrier — Porteuse latérale inférieure.

Lowest useful frequency — Fréquence minimum utile (pour que la propagation ionosphérique des ondes radio s'accomplisse entre deux points déterminés).

Low frequency — Basse Fréquence, fréquence acoustique (allant de 16 à 20 000 Hz), ou bien, dans le domaine des hyperfréquences, de 0,03 à 0,3 MHz.

Low frequency amplifier — Amplificateur Basse Fréquence.

Low-frequency compensation — Extension de la gamme d'un amplificateur à large bande vers les fréquences plus basses.

Low-frequency current — Courant à Basse Fréquence.

Low-frequency magnetic field — Champ magnétique à Basse Fréquence.

Low-frequency paddler — Condensateur padding d'équilibrage, dans un poste récepteur superhétérodyne, monté en série avec la bobine d'accord de l'oscillateur et réglé pendant l'alignement afin d'obtenir une résonance correcte du circuit sur l'extrémité des fréquences les plus basses de la gamme.

Low frequency response — Réponse à Basse Fréquence.

Low impedance triode — Triode à basse impédance interne.

Low inertia motor — Moteur à basse inertie.

Low-level modulation — Modulation dans un étage intermédiaire (modulation produite dans le point d'un système où le niveau de puissance est bas par rapport au niveau de puissance à la sortie du système).

Low-level radiofrequency signal — Signal de H.F. à bas niveau.

Low loss — Faible perte.

Low-loss insulator — Isolateur à faibles pertes.

Low-loss line — Ligne (de transmission) à faible dissipation par unité de longueur.

Low-pass filter — Filtre passe-bas (filtre qui laisse passer les fréquences de valeur inférieure à celle d'une fréquence d'interdiction donnée, et qui atténue toutes les autres de valeur supérieure).

Low-pass wave filter — Filtre d'onde passe-bas.

Low potential — Faible potentiel.

Low power — Faible puissance.

Low power transmitter — Emetteur de faible puissance.

Low range ohmmeter — Ohmmètre à faible portée.

Low scattering — Faible dispersion.

Low tension — Basse tension.

Low tension battery — Accumulateur à basse tension.

Low tension cable — Câble pour basse tension.

Low tension line — Ligne à basse tension.

Low tension magnet — Aimant à basse tension.

Low tension transformer — Transformateur à basse tension.

Low tension winding — Enroulement à basse tension.

Low vacuum — Vide faible (dans un tube électronique, contenant du gaz ou de la vapeur).

Low voltage — Basse tension.

Low-voltage induction furnace — Fournaise à inductance à basse tension.

Low voltage power supply — Alimenteur à basse tension.

Low voltage rectifier — Redresseur à basse tension.

Low voltage release — Dispositif qui ouvre le circuit d'alimentation aussitôt que la tension tombe au-dessous d'une certaine valeur, et qui ferme le circuit dès que la tension revient normale.

Low voltage transformer — Transformateur à basse tension.

Lox — Abréviation de « Liquid oxygen » (oxygène liquide).

LP — Abréviation de « Long-Play » (à longue durée) et « Low pass » (passe-bas).

L-pad — Contrôle de volume pour un haut-parleur unique lorsque plusieurs haut-parleurs sont alimentés par la même source. Il consiste en deux potentiomètres, l'un à variation linéaire et l'autre logarithmique.

Lp record — Abréviation de « long-play record » (disque à longue durée).

Lpw — Abréviation de « Lumen per watt ».

LRR — Abréviation de « long-range radar ».

LS — Abréviation de « Loudspeaker ».

L scan — Voir « L display ».

L scope — Oscilloscope radar pour une représentation optique de type.

L shell — La seconde couche d'électrons qui entoure le noyau d'un atome.

Lubber line — Ligne fixe placée sur une boussole ou sur un indicateur à rayons cathodiques, en parallèle avec l'axe longitudinal du navire ou de l'aéroplane; qui sert de référence pour déterminer la route.

Lucite — Marque de fabrique de la « Du Pont » pour les résines transparentes de sa fabrication.

LUF — Abréviation de « Lowest Useful Frequency ».

Lug — Cosse, patte.

LUHF — Abréviation de « Lowest usable high frequency » (voir « lowest useful frequency »).

Lumen — Unité de mesure du flux lumineux (égale au flux, ou illumination, sur une unité de surface dont tous les points se trouvent à la distance d'une unité de longueur d'une source en forme pointue de bougie).

Lumen-hour — Lumen-heure (quantité de lumière fournie pendant une heure par un flux de un lumen).

Lumenophor — Molécule, ou groupe de molécules, capables d'émettre de la lumière lorsqu'elles sont excitées par suite d'un heurt d'électrons.

Lumerg — Abréviation de « lumen-erg » unité de mesure du flux lumineux, égale à 1 erg d'énergie rayonnante émise par une source ayant une efficacité lumineuse de 1 lumen par watt.

Luminescence — Luminescence (émission de lumière, à une température inférieure à celle d'incandescence, de la part d'une substance, comme suite d'une action électrique, action chimique, exposition à certains types de radiation ou autres processus non thermiques).

Luminescence threshold — Seuil de lumi-

nescence (la plus basse fréquence de radiation capable d'exciter un matériel luminescent).

Luminescent — Luminescent (on appelle ainsi le matériel qui manifeste le phénomène de la luminescence).

Luminescent screen — Ecran luminescent.

Luminescent-screen tube — Tube à écran luminescent.

Luminosity — Luminosité (rapport entre le flux lumineux et le flux rayonnant correspondant à une longueur d'onde particulière).

Luminosity coefficients — Coefficients de luminosité.

Luminous — Lumineux.

Luminous discharge — Décharge lumineuse.

Luminous efficiency — Efficacité lumineuse: rapport entre le flux lumineux c'est-à-dire une lumière capable de produire une sensation visible, et le flux rayonnant, (c'est-à-dire l'énergie rayonnante disponible).

Luminous flux — Flux lumineux (énergie visible totale produite par une source par unité de temps).

Luminous intensity — Intensité lumineuse (flux lumineux émis par une source dans un angle solide infini, divisé par l'angle solide).

Luminous sensitivity of phototube — Sensibilité lumineuse d'un phototube quotient entre le courant anodique et le flux lumineux incident).

Lumped — Concentré, accumulé (c'est une valeur simple qui équivaut à un certain nombre de valeurs séparées ou distribuées).

Lumped constant — Constante concentrée (constante simple qui équivaut électriquement au total du type de constante distribuée qui existe dans une bobine ou un circuit).

Lumped constant circuit — Circuit à constante concentrée.

Lumped impedance — Impédance concentrée.

Lumped voltage — Tension cumulative.

Luneberg lens — Lentille de Luneberg (type de lentille artificielle employée pour focaliser l'énergie électromagnétique rayonnée aux fréquences ultra-élevées afin d'augmenter le gain d'une antenne).

Lux — Lux (unité d'illumination du système métrique égale à un lumen par mètre carré; appelée aussi « metercandle », (bougie-mètre)).

Luxemburg effect — Effet Luxembourg (modulation croisée entre deux signaux de radio qui traversent l'ionosphère, due à la non-linéarité des caractéristiques de propagation des particules libres dans l'espace).

L.V. — Abréviation de « Low voltage » (basse tension).

L.W. — Abréviation de « Long wave » (onde longue).

M

M — Inductance mutuelle
— Microphone.
— Mega = 1 000 000 ou 10^6 .
— Mach, vitesse d'un corps en mouvement mesurée par rapport à la vitesse du son.
— Masse: en mécanique.
— Mètre.

— Minute.
— Module: en mathématiques.
m — Milli = 0,001 ou 10^{-3} .
MA — Station mobile installée au bord d'un aéroplane, milliampère.
ma — Milliampère.
Machine — Machine.
Machine check — Contrôle automatique (dans un calculateur électronique).
Machine interference — Interférence due à des machines électriques.
Machine language — Langage utilisé par un calculateur électronique.
Machine translation — Traduction mécanique (voir « mechanical translation »).
Machine word — Nombre de caractères d'information, dans un calculateur électronique donné, traité pour chaque transfert ou cession.
Macroscopic state — Etat macroscopique (d'un électron).
Mad — Abréviation de « Magnetic airborne detector » (appareil de localisation, installé sur un aéroplane, capable de détecter le champ magnétique d'un sous-marin se trouvant jusqu'à une profondeur de 120 mètres).
Made ready — Préparé.
MADRE — Abréviation de « Magnetic drum receiving equipment » (appareillage de radar pour déceler les cibles au-delà de la portée optique et qui se sert de la réflexion atmosphérique).
Madt — Abréviation de « Microalloy diffused transistor ».
Mag — Abréviation de « Magnet » et « magnetron ».
Magamp — Abréviation de « Magnetic amplifier ».
Magic eye — Oeil magique (type d'indicateur d'accord à rayons cathodiques qui produit une image similaire, en apparence, à un oeil humain).
Magic-eye tube — Tube à oeil magique.
Magic tee — Jonction à T (de guide d'ondes) hybride.
Magnal base — Support à 11 broches pour les tubes à rayons cathodiques.
Magnesium — Magnésium.
Magnesium cell — Pile au magnésium.
Magnesium-copper sulfide rectifier — Redresseur métallique formé de magnésium en contact avec le sulfure de cuivre.
Magnesyn — Marque de fabrique de la Bendix Aviation Corp. pour un certain type de moteur synchrone.
Magnet — Aimant (objet qui possède la propriété d'attirer ou de repousser d'autres corps magnétiques. Les aimants peuvent être artificiels ou naturels, les premiers peuvent être des électro-aimants ou bien des aimants permanents).
Magnet armature — Armature d'un électro-aimant.

Magnet brake — Frein à friction, contrôlé électromagnétiquement.
Magnet charge — Dispositif employé pour magnétiser des aimants permanents.
Magnet coil — Bobine d'un électro-aimant.
Magnet core — Noyau d'un électro-aimant.
Magnet core antenna — Antenne avec noyau magnétique en ferrite.
Magnet frame — Stator.
Magnetic — Magnétique.
Magnetic adherence — Adhérence magnétique.
Magnetic airborne detector — Voir « Mad ».
Magnetic alloy — Alliage magnétique.

Magnetically biased polarized relay — Relais polarisé par une polarisation magnétique.

Magnetic amplification — Amplification magnétique.

Magnetic amplifier — Amplificateur magnétique (dispositif pour l'amplification de tension, qui se sert des propriétés magnétiques d'un transformateur qui peut être saturé par le flux du courant).

Magnetic analysis — Analyse magnétique (séparation d'un faisceau de particules électrisées au moyen d'un champ magnétique).

Magnetic-armature loudspeaker — Haut-parleur électromagnétique.

Magnetic attraction — Attraction magnétique.

Magnetic axis — Axe magnétique (ligne passant par les centres des deux pôles d'un aimant).

Magnetic azimuth — Azimut magnétique (azimut mesuré par le nord magnétique).

Magnetic bar — Barreau magnétique.

Magnetic battery — Aimant composé.

Magnetic bearing — Relèvement magnétique (lignes de position angulaire d'un objet par rapport au pôle nord magnétique terrestre).

Magnetic biasing — Polarisation magnétique (polarisation d'un moyen magnétique pendant l'enregistrement, moyennant la superposition d'un champ magnétique additionnel sur celui du signal qu'on est en train d'enregistrer).

Magnetic biasing coil — Enroulement de polarisation magnétique (dans une bobine de réactance à noyau de fer).

Magnetic blowout — Amortissement magnétique.

Magnetic body — Corps magnétique.

Magnetic bottle — Bouteille magnétique (champ magnétique employé pour ensermer dans un volume minimum un milieu gazeux ionisé).

Magnetic brake — Frein électromagnétique.

Magnetic braking — Freinage électromagnétique.

Magnetic breaker — Interrupteur magnétique.

Magnetic bridge — Pont magnétique (instrument qui mesure la perméabilité et la réluctance magnétique).

Magnetic capacity — Capacité magnétique.

Magnetic cartridge — Cartouche magnétique (pick-up à réluctance variable).

Magnetic cell — Unité de mémoire magnétique (capable d'accumuler une certaine unité d'information).

Magnetic centering — Centrage magnétique.

Magnetic circuit — Circuit magnétique (parcours complet de lignes magnétiques de force).

Magnetic clutch — Joint ou raccordement électromagnétique.

Magnetic coated disk — Disque (pour enregistrement) en matériel plastique, revêtu de matériel magnétique.

Magnetic coil — Bobine magnétique.

Magnetic compass — Boussole magnétique.

Magnetic compensator — Compensateur magnétique (pour la boussole d'un navire).

Magnetic component — Organe magnétique.

Magnetic contactor — Interrupteur actionné électromagnétiquement.

Magnetic core — Noyau magnétique.

Magnetic-core storage — Mémoire à noyaux magnétiques.

Magnetic-core transformer — Transformateur à noyau magnétique.

Magnetic couple — Couple magnétique.

Magnetic coupling — Couplage magnétique.

Magnetic course — Route magnétique (route dont la direction de la ligne de référence est le nord magnétique).

Magnetic current — Courant magnétique.

Magnetic curves — Courbes magnétiques.

Magnetic cutout — Courant d'interdiction commandé par un électro-aimant.

Magnetic cutter — Tête d'incision magnétique.

Magnetic cycle — Cycle magnétique.

Magnetic damping — Ralentissement d'un mouvement mécanique au moyen de la réaction entre deux ou plusieurs champs magnétiques.

Magnetic declination — Déclination magnétique (angle entre le nord géographique et le nord magnétique).

Magnetic deflection — Déflexion magnétique (d'un faisceau d'électrons).

Magnetic degree — Degré magnétique (360° partie de l'angle compris entre une paire de pôles dans une machine électrique).

Magnetic delay line — Ligne de retard, dans un calculateur électronique, composée d'un moyen métallique le long duquel la vitesse de propagation de l'énergie magnétique est petite vis-à-vis de la vitesse de la lumière. Elle est employée pour la conservation des informations.

Magnetic density — Densité magnétique (densité d'un flux dans une coupe transversale déterminée d'un champ magnétique).

Magnetic detector — Détecteur magnétique.

Magnetic difference of potential — Différence de potentiel magnétique.

Magnetic dip — Inclination magnétique.

Magnetic dipole — Dipôle magnétique (radiateur dont le diagramme polaire est similaire à celui d'un dipôle à demi-onde, mais dont la polarisation est inverse).

Magnetic direction indicator — Indicateur magnétique de direction.

Magnetic discontinuity — Discontinuité magnétique.

Magnetic discriminator — Discriminateur magnétique (amplificateur magnétique capable de déterminer la polarité et l'amplitude d'impulsions en code, dans le but d'engendrer des signaux et sortie de contrôle).

Magnetic disk — Disque magnétique (pour enregistrement).

Magnetic displacement — Densité du flux magnétique ou induction magnétique.

Magnetic disturbance — Perturbation magnétique.

Magnetic doubled — Dipôle magnétique.

Magnetic drum — Tambour magnétique (cylindre tournant revêtu d'un matériel ferromagnétique, sur lequel sont accumulées des informations sous la forme de successions de petits points correspondant aux chiffres binaires « 0 » et « 1 »).

Magnetic effect — Effet magnétique.

Magnetic elongation — Allongement magnétique.

Magnetic energy — Énergie magnétique.

Magnetic equator — Équateur magnétique.

Magnetic explorer — Explorateur magnétique (bobine reliée à un galvanomètre

et employée pour déterminer l'intensité d'un champ magnétique).

Magnetic fatigue — Fatigue magnétique (augmentation graduelle de la perte par hystérésis dans un matériel magnétique).

Magnetic feedback — Réaction inductive.

Magnetic field — Champ magnétique (espace qui entoure un aimant ou conducteur dans lequel il y a des lignes magnétiques de force).

Magnetic fiel strength — Intensité d'un champ magnétique.

Magnetic figures — Figure magnétique (que l'on obtient en répandant sur une feuille de carton de la limaille de fer et en la plaçant dans un champ magnétique).

Magnetic filter — Filtre magnétique.

Magnetic flaw detector — Détecteur magnétique de fentes dans un objet ferreux.

Magnetic flip-flop — Circuit « flip-flop » formé d'un ou plusieurs amplificateurs magnétiques.

Magnetic fluid — Fluide magnétique.

Magnetic fluc — Flux magnétique (les lignes de force engendrées par un aimant).

Magnetic fluc density — Densité du flux magnétique.

Magnetic focusing — Focalisation magnétique (d'un faisceau d'électrons).

Magnetic force — Force magnétique.

Magnetic friction — Friction magnétique (hystérésis).

Magnetic gate — Circuit « gate » (voir), qui emploie un amplificateur magnétique.

Magnetic hardness comparator — Comparateur magnétique de la dureté (de métaux).

Magnetic head — Tête magnétique.

Magnetic heading — Route magnétique.

Magnetic headphone — Ecouteur magnétique.

Magnetic hum — Ronflement magnétique dans un tube électronique dû aux champs magnétiques du courant du chauffeur.

Magnetic hysteresis — Hystérésis magnétique (propriété d'un matériel magnétique grâce à laquelle l'induction magnétique pour une force magnétique donnée dépend des conditions précédentes de magnétisation du matériel).

Magnetic hysteresis loop — Cycle d'hystérésis magnétique.

Magnetic hysteresis loss — Perte par hystérésis magnétique.

Magnetic inclination — Inclination magnétique.

Magnetic induction — Induction magnétique.

Magnetic inertia — Inertie magnétique (hystérésis).

Magnetic influence — Induction magnétique.

Magnetic intensity — Intensité magnétique.

Magnetic lag — Retard entre le magnétisme produit et la force de magnétisation.

Magnetic leakage — Dispersion magnétique.

Magnetic lens — Lentille magnétique (ensemble d'électro-aimant ou d'aimants ou d'aimants permanents pour focaliser un faisceau d'électrons ou d'ions).

Magnetic limit — Limite magnétique (chaleur sous laquelle un matériel magnétique ne peut pas être magnétisé).

Magnetic lines of force — Lignes magnétiques de force.

Magnetic linkage — Liaison magnétique.

Magnetic lock — Blocage magnétique.

Magnetic loudspeaker — Haut-parleur magnétique.

d'unités électriques et magnétiques. Pourquoi, très différents? Tout simplement, parce que l'on ignorait alors la nécessité d'une quatrième unité fondamentale. Ce sont:

- a) le système **ESCGS**, qui simplifie les formules de l'électrostatique.
- b) le système **EMCGS**, qui simplifie les formules de l'électromagnétisme.

Mais alors, dans ces conditions, pourquoi les avoir abandonnés?

La raison de cet abandon réside dans le fait que leurs unités ne sont pas à l'échelle des grandeurs couramment rencontrées. C'est ainsi que la force électromotrice d'une pile s'exprime par un nombre très grand; l'unité de capacité d'un condensateur est énorme, etc.

C'est la raison pour laquelle les électriciens ont ressenti le besoin d'un système dans lequel les unités seraient rattachées au système MKS, dont les unités de longueur et de masse sont à l'échelle des grandeurs couramment mesurées, et, par des puissances de 10, aux unités du système EMC GS. Il fallait, en outre, conserver dans ce système, toutes les unités magnétiques du système CGS et leur donner, comme aux unités électriques, un nom.

Ainsi est né, en 1881, le malencontreux et incohérent système **MKpS** ou système **pratique industriel**, encore dit « des mécaniciens », aujourd'hui abandonné à son tour et dont les unités fondamentales sont:

le **mètre**, le **kilogramme-force**, la **seconde**.

Il était encore en vigueur ces dernières années, jusqu'à ce que le décret du 3 mai 1961 vienne, heureusement, mettre fin à sa carrière.

Il offrait l'avantage d'avoir des unités électriques à l'échelle des grandeurs rencontrées pratiquement.

Pourtant, il présentait plusieurs défauts graves:

- 1 - Il était impossible de définir avec précision le kilogramme-force. Celui-ci est en effet, fonction de l'accélération de la pesanteur qui, elle, varie d'un lieu à un autre. On ne peut donc pas réaliser un étalon transportable.
- 2 - L'ampère (unité d'intensité de courant) est 10 fois plus petit. Cela résultait de l'adoption comme unité de travail, du **joule**.
- 3 - Il en découle que toutes les formules qui renferment à la fois des grandeurs électriques et magnétiques sont affectées d'un coefficient puissance négative de 10.

Exemple:

$$F = 1/10 \text{ Bil}; H = 1.25 \text{ NI/l}; e = -10^{-8} \text{ d}\Phi/\text{dt}$$

Si l'on avait adopté comme unité pratique d'intensité de courant l'unité EMC GS, d'un ordre de grandeur satisfaisant, le coefficient 10^{-1} n'aurait jamais existé dans les formules de l'électromagnétisme.

Le système MKSA ou de Giorgi

En 1901, le physicien italien Giorgi a montré que l'on pouvait réaliser un système qui serait, simultanément:

- a) entièrement cohérent, les puissances de 10 disparaissant dans toutes les formules.
- b) rattaché au système MKS, ce qui d'une part donnerait des unités de longueur et de masse convenant aux besoins de la pratique et, d'autre part, maintiendrait l'unité de travail: le joule.
- c) enfin, il maintiendrait les unités électriques très employées, comme: le volt, l'ohm, l'ampère, le farad, etc...

Il suffisait, pour cela, de modifier la base du système EMC GS en donnant à la perméabilité du vide une valeur différente de l'unité.

Ce système, c'est le système MKSA qui ne diffère du système MKSA que par l'adoption d'une **quatrième unité fondamentale: l'ampère**.

Il existe, en réalité, deux systèmes Giorgi:

- 1 - le système MKSA proprement dit;
- 2 - le système MKSA rationalisé.

Ceux-ci ne diffèrent entre eux que par la valeur de la perméabilité du vide (qui est presque égale à celle de l'air). Celle-ci vaut:

$$\mu_0 = 10^{-7} \text{ dans le premier système;}$$

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ dans le second.}$$

C'est le second qui est devenu officiel par le décret du 3 mai 1961.

Le tableau joint en donne les unités essentielles.

Il est certain que l'adoption de ce système entraîne des changements, dont certains sont profonds dans le domaine de l'électrotechnique, bouleversant les habitudes acquises. La discipline la plus touchée est, sans contestation possible, celle de l'électromagnétisme.

Examinons rapidement ces changements. En consultant le tableau des unités, on peut remarquer tout d'abord que l'unité de quantité de chaleur est la même que l'unité d'énergie (ou de travail). Cela peut choquer au premier abord. Disons tout de suite qu'une telle disposition est rationnelle. En effet, la chaleur n'est qu'une forme particulière de l'énergie, il est donc logique d'exprimer en joules toutes les quantités d'énergie, quelles que soient leurs formes (même calorifique). Cependant, le décret du 3 mai 1961, prévoit dans son article 4 des unités dites « hors système ». Pour la quantité de chaleur l'unité « hors système » est la **calorie** ou **microthermie**.

Comme autre unité d'énergie « hors système », signalons l'**électron-volt** couramment utilisé en physique électronique et nucléaire. C'est l'énergie acquise par un électron accéléré par une tension de 1 volt (symbole = eV):

$$1 \text{ eV} = 1.59 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$$

C'est une unité très petite, bien à l'échelle de la charge élémentaire qu'est l'électron.

En ce qui concerne le domaine de l'électromagnétisme, l'emploi systématique du système MKSA, impose l'abandon de la théorie coulombienne (de Cou-

lomb), au profit de la théorie ampérienne. (d'Am-père).

La théorie coulombienne repose sur les notions de masses magnétiques, de feuillets magnétiques qui sont de pures fictions, c'est-à-dire qui sont physiquement inexistantes.

La théorie ampérienne, par contre, ramène toutes les actions électromagnétiques aux actions mutuelles de circuits parcourus par un courant électrique, qui sont, elles, des réalités physiques.

Selon cette théorie, qui n'est pas nouvelle (elle remonte à 1820), la cause de tout magnétisme (même celui d'un aimant) est un courant électrique.

Dans tout barreau aimanté, existe des courants dits particuliers. Parmi ceux-ci, seuls agissent à l'extérieur les courants dits équivalents circulant sur la surface extérieure du barreau.

Il faut, par conséquent, abandonner la vieille notion de **champ magnétique** (grandeur non mesurable) au profit du champ **d'induction magnétique** (ou in-

duction magnétique), **pouvoir de force** dans l'espace, qui est une grandeur mesurable.

Le champ magnétique devient l'**excitation magnétique**, c'est-à-dire, le générateur de l'induction.

Avec l'ancien système d'unités, dans lequel la perméabilité magnétique dans l'air était égale à l'unité, champ et induction magnétiques étaient **mesurés par le même nombre**:

$$B = \mu H$$

Comme $\mu = 1$

$$B = H$$

ce qui est le comble de l'incohérence, B et H étant deux grandeurs nettement distinctes.

Il n'en est plus de même aujourd'hui, puisque

$$\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \quad \text{on a} =$$

$$B = \mu_0 H$$

B est donc bien différent de H.

MULTIPLES

FACTEUR par lequel est multipliée l'unité	PREFIXE à mettre avant le nom de l'unité	SYMBOLE à mettre avant celui de l'unité
10^{12} soit 1 000 000 000 000	téra	T
10^9 » 1 000 000 000	giga	G
10^6 » 1 000 000	méga	M
10^3 » 1 000	kilo	k
10^2 » 100	hecto	h
10^1 » 10	déca	da

SOUS - MULTIPLES

FACTEUR par lequel est multipliée l'unité	PREFIXE à mettre avant le nom de l'unité	SYMBOLE à mettre avant celui de l'unité
10^{-1} soit 0,1	déci	d
10^{-2} » 0,01	centi	c
10^{-3} » 0,001	milli	m
10^{-6} » 0,000 001	micro	μ
10^{-9} » 0,000 000 001	nano	n
10^{-12} » 0,000 000 000 001	pico	p

TABLEAU 70 - Les UNITES de MESURE du SYSTEME M.K.S.A.

Grandeur	Symbole	Unités MKSA (Giorgi)	Symbole MKSA	Valeur de l'unité dans le système pratique industriel (MKpS)	Symbole MKpS	Relation entre les unités des deux systèmes
Longueur	l	mètre	m	mètre	m	
Surface	S	mètre carré	m ²	mètre carré	m ²	
Volume	V	mètre cube	m ³	mètre cube	m ³	
Temps	t	seconde	s	seconde	s	
Vitesse	v	mètre par seconde	m/s	mètre par se- conde	m/s	
Accélération	λ (g)	mètre par se- conde par se- conde	m/s ²	mètre par se- conde par se- conde	m/s ²	
Fréquence	f	Hertz	Hz			1 Hz = 1 c/s
Masse	m	kilogramme	kg	kilogramme- poids	kgP	1 kgP = 9,81 kg
Force	f	Newton	N	kilogramme- force	kgf	$1N = \frac{1}{9,81} \text{ kgf}$
Couple ou Moment de force	C ou M	mètre-Newton	mN	mètre-kilo- gramme	mkgf	$1mN = \frac{1}{9,81} \text{ mkgf}$
Travail ou éner- gie	W	Joule	J	kilogrammètre	kgm	1 J = 1/9,81 kgm
Quantité de chaleur	q	Joule	J	millithermie ou kilocalorie	mth	1 mth = 4180 J 1 μth = 4,18 J
Puissance	P	Watt	W	cheval vapeur	ch	1 ch = 75 kgm/s = 736 watts
Pression	p	Newton par m ² ou Pascal	P	kilogramme force par m ²	kgf/ m ²	1 Pascal = 1/9,81 kgf/m ²
Charge électri- que (ou quanti- té d'électricité)	Q	Coulomb	c	Coulomb	c	
Intensité de courant	I	Ampère	A	Ampère	A	
Tension électri- que diff. de potent. force électromotrice	U E	Volt Volt	V V	Volt Volt	V V	
Résistance électrique	R	Ohm	Ω	Ohm	Ω	
Résistivité	ρ	Ohm-mètre	Ω/m ² /m ou Ω m	Ohm-centimètre	Ω/cm ² /cm ou Ωcm	
Capacité	C	Farad	F	Farad	F	
Excitation ma- gnétique (an- ciennement champ magnéti- que	H	Ampère tour par mètre	Atr/m	Oersted	Oe	$1 \text{ Atr/m} = \frac{4\pi}{1000} \text{ Oersted}$
Induction magnétique	B	Weber par mètre carré ou Tesla	Wb/m ² ou T	Gauss	Gs	1 Wb/m ² (ou 1T) = 10 ⁴ Gs
Flux d'induction magnétique	Φ	Weber	Wb	Maxwell	Mx	1 Wb = 10 ⁸ Mx
Inductance	L	Henry	H	Henry	H	
Force magnéto- motrice	F	Ampère tour	Atr	Gilbert	Gb	1 Atr = 4π/10 Gb

UNITES DE BASE

Les unités de base du système MKSA sont:

- le mètre, *unité de longueur*;
- le kilogramme, *unité de masse*;
- la seconde, *unité de temps*;
- l'ampère, *unité d'intensité de courant électrique*.

Unité de longueur: le mètre (m)

Le mètre se définit actuellement à partir du spectre de raies de l'atome de krypton 86. Cette définition est très compliquée; c'est pourquoi nous ne la donnerons pas ici, pour l'instant.

Unité de masse: le kilogramme (kg)

C'est la masse du prototype en platine iridié qui a été sanctionné par la Conférence générale des Poids et Mesures, tenue à Paris en 1889 et qui est déposé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres.

Unité de temps: la seconde (s)

La seconde est la fraction $1/31556925,9747$ de l'année tropique pour 1900, janvier zéro, à 12 heures de temps des éphémérides.

Plus simplement, c'est la 86 400^e partie du jour solaire moyen.

Les unités hors système de temps sont respectivement: la **minute** (1 mn = 60 s); l'**heure** (1 h = 3600 s); le **jour** (1 j = 24 h = 86 400 s).

Unité d'intensité de courant: l'ampère (A)

L'**ampère** est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs **parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable**

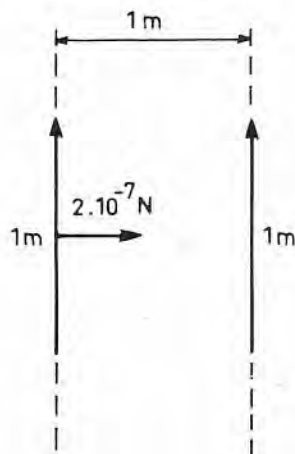


Figure 1

Il n'en reste pas moins vrai qu'un ampère correspond toujours à un **coulomb par seconde**.

et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre, dans le **vide**, produit, entre ces conducteurs, une **force** de 2.10^{-7} newton par mètre de longueur (fig. 1).

UNITES DERIVEES - OU UNITES SECONDAIRES

A - UNITES GEOMETRIQUES

1 - Unité d'aire ou de superficie: le **mètre carré** (m²).

Le **mètre carré** est l'aire d'un carré ayant 1 mètre de côté.

2 - Unité de volume: le **mètre cube** (m³)

Le **mètre cube** est le volume d'un cube ayant 1 mètre de côté.

3 - Unité d'angle plan: le **radian** (rd).

Le **radian** est l'angle qui, ayant son sommet au **centre** d'un **cercle**, intercepte sur la circonférence de ce cercle un arc d'une longueur égale à celle du **rayon** du cercle

D'autre part, les unités hors système sont respectivement:

$$\text{— le tour (tr)} = 2\pi \text{ rad. } (\pi = 3.1416 = \frac{22}{7});$$

$$\text{— le grade (gr)} = \frac{\pi}{200} \text{ rad.};$$

$$\text{— le degré (°)} = \pi/180 \text{ rad.};$$

$$\text{— la minute d'angle (')} = \pi/10\,800 \text{ rad.};$$

$$\text{— la seconde d'angle (")} = \pi/648\,000 \text{ rad.};$$

La minute d'angle vaut 1/60 de degré.

La seconde d'angle vaut 1/60 de minute.

4 - Unité d'angle solide : le **stéradian** (sr).

Le **stéradian** est l'angle solide qui, ayant son sommet au **centre** d'une **sphère**, découpe sur la surface de cette sphère, une aire **équivalente** à celle d'un **carré** dont le **côté** est égal au **rayon** de la sphère.

B - UNITES DE TEMPS

Unité de fréquence : le **hertz** (Hz).

Le hertz est la fréquence d'un phénomène périodique dont la période est égale à 1 seconde.

Multiples du Hertz:

$$\text{— le kilohertz (kHz)} : \quad 1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$\text{— le Mégahertz (MHz)} : \quad 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

C - UNITES DE MASSE

Unité de masse volumique : le **kilogramme par mètre cube** (kg/m³).

C'est la **masse volumique** d'un corps dont la **masse** est de 1 kilogramme et le **volume** de 1 mètre cube.

D - UNITES MECANIKES

1 - Unité de vitesse: le **mètre par seconde** (m/s).

C'est la **vitesse** d'un mobile qui, animé d'un mouve-

ment uniforme, parcourt une distance de **1 mètre** en **1 seconde**.

2 - **Unité d'accélération** : le mètre par seconde, par seconde - ou mètre par seconde au carré, (m/s²).

Le mètre par seconde, par seconde, est l'accélération d'un mobile, animé d'un mouvement uniformément varié, dont la vitesse s'accroît, en une seconde, de **1 mètre par seconde**.

3 - **Unité de force** - le newton (N).

Le newton est l'intensité d'une force qui communique à un corps ayant une masse de **1 kilogramme** une accélération de **1 mètre par seconde, par seconde**.

4 - **Unité de travail et d'énergie** : le joule (J).

Une force est caractérisée par sa direction, son sens, son intensité, son point d'application.

Lorsqu'elle déplace son point d'application, on dit que la force effectue un travail. Le travail d'une force est égal au produit de l'intensité de la force (F) par la longueur de son déplacement (l).

Formule de définition: $W = F \cdot l$

$$\text{Si } F = 1 \text{ N et } l = 1 \text{ m, } W = 1 \text{ J} \\ 1 \text{ Joule} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$$

D'où la définition du Joule, unité M.K.S.A. de travail:

Le Joule est le travail produit par une force d'intensité **1 newton** dont le point d'application se déplace de **1 mètre** dans sa direction.

Unités hors système de travail:

a) le watt-heure (Wh) $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$

Multiple: le kilowatt-heure (kWh) $1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ Wh} = 3\,600\,000 \text{ J}$

b) l'électron-volt (eV) $1 \text{ eV} = 1,59 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

5 - **Unité de quantité de chaleur**: le Joule

Unités hors système.

a) La calorie (ou microthermie) - cal -

La calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de **1 degré C** la température d'un gramme d'un corps dont la chaleur massique est égale à celle de l'eau à **15° C** sous la pression atmosphérique normale (101 325 pascals)

$$1 \text{ cal} = 4,1855 \text{ J}$$

(on prend pratiquement : 4,18 J)

b) la thermie (th) ou mégacalorie

$$1 \text{ th} = 4,1855 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Remarque La valeur 4,1855 est une valeur expérimentale résultant des déterminations les plus récentes.

c) la frigorie (fg)

Dans les industries frigorifiques, les quantités de chaleur enlevées peuvent être évaluées en frigories. La frigorie est une kilocalorie négative:

$$1 \text{ fg} = -4,1855 \cdot 10^3 \text{ J}$$

6 - **Unités de puissance** : le watt (W)

La puissance d'une machine est égale au travail qu'elle peut fournir dans l'unité de temps, c'est-à-dire en **1 seconde**.

Formule de définition:

$$P = \frac{W}{t}$$

Si $W = 1 \text{ joule}$ et $t = 1 \text{ seconde}$, $P = 1 \text{ watt}$

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ seconde}$$

D'où la définition du watt:

Le watt est la puissance d'une machine qui effectue un travail de **1 Joule** en **1 seconde**.

Unité de pression: le pascal (Pa) ou p

Le pascal est la pression uniforme qui, agissant sur une surface plane de **1 mètre carré**, exerce perpendiculairement à cette surface une force totale de **1 newton**.

E - UNITES ELECTRIQUES ET ELECTROMAGNETIQUES,

1. **Unité de quantité d'électricité** : le coulomb. (C)

La quantité d'électricité traversant un circuit est:

— proportionnelle à l'intensité du courant;

— proportionnelle au temps de passage du courant.

Formule de définition: $Q = I \cdot t$

Si $I = 1 \text{ ampère}$ et $t = 1 \text{ seconde}$: $Q = 1 \text{ coulomb}$.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \times 1 \text{ s}$$

D'où la définition du coulomb:

Le coulomb est la quantité d'électricité transportée en **1 seconde** par un courant d'intensité égale à **1 ampère**.
Unité hors système: l'ampère-heure (Ah). L'ampère-heure est la quantité d'électricité transportée par un courant constant de **1 ampère** pendant **1 heure**:

$$1 \text{ Ah} = 3\,600 \text{ coulombs}$$

2 - **Unité de force électromotrice et de différence de potentiel** : le volt (V)

a) On appelle force électromotrice d'un générateur le quotient, généralement constant, de la puissance totale qu'il fournit par l'intensité du courant qu'il débite. en abrégé, on écrit : f. é. m

Formule de définition:

$$E = \frac{P_t}{I}$$

Si $P_t = 1 \text{ W}$ et $I = 1 \text{ A}$, $E = 1 \text{ V}$

b) On appelle différence de potentiel (en abrégé d.d.p.) entre deux points A et B d'un circuit le quotient de la puissance totale P_t , qui apparaît dans le circuit par l'intensité I du courant qui le traverse. La d.d.p. est encore appelée: tension électrique.

Formule de définition:

$$U = \frac{P_t}{I}$$

Si $P_t = 1 \text{ W}$ et $I = 1 \text{ A}$, $U = 1 \text{ V}$

On remarque ainsi que f.é.m. et tension (ou d.d.p.) sont deux grandeurs de même espèce qui s'expriment, en conséquence, dans la même unité: le volt.

$$1 \text{ V} = 1 \text{ W} / 1 \text{ A}$$

Le volt est la différence de potentiel qui existe entre deux points d'un fil conducteur parcouru par un cou-

rant constant de 1A lorsque la **puissance dissipée** entre ces points est égale à **1 watt**.

3 - Unité de résistance électrique : l'ohm (Ω)

On appelle **résistance électrique** d'un conducteur le **rapport constant** existant entre la **d.d.p.** appliquée à ses bornes et l'**intensité du courant** qui le traverse.

Formule de définition:

$$R = \frac{U}{I}$$

Si $U = 1$ volt et $I = 1$ ampère, on a : $R = 1$ ohm
 $1\Omega = 1 \text{ V/1 A}$

D'où la définition de l'ohm:

L'ohm est la **résistance électrique** qui existe entre deux points d'un fil conducteur lorsqu'une **différence de potentiel de 1 volt**, appliquée entre ces deux points, produit dans ce conducteur un **courant de 1 ampère**, ledit conducteur n'étant le siège d'**aucune force électromotrice**.

4 - Unité de capacité électrique: le farad (F)

On appelle **capacité** d'un condensateur le **quotient** de sa **charge** par la **d.d.p.**, qui existe entre ses armatures.

Formule de définition:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Si $Q = 1$ coulomb et $U = 1$ volt, on a: $C = 1$ Farad
 $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$

D'où la définition du Farad:

Le **Farad** est la **capacité** d'un condensateur électrique entre les armatures duquel apparaît une **d.d.p. de 1 volt** lorsqu'il est chargé d'une **quantité d'électricité** égale à **1 coulomb**.

C'est une unité **énorme**, qui n'est pas à l'échelle de la capacité des condensateurs utilisés en pratique. Aussi emploie-t-on les sous-multiples du farad qui sont:

— le **microfarad** (μF) qui vaut un **millionième** de farad:

$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

— le **picofarad** (pF) qui vaut un **millionième** de microfarad:

$$1 \text{ pF} = 10^{-6} \mu\text{F} = 10^{-12} \text{ F}$$

Signalons encore le **nanofarad** (nF) qui vaut 1 000 picofarads:

$$1 \text{ nF} = 10^3 \text{ pF} = 10^{-9} \text{ F}$$

5 - Unité d'inductance électrique : le henry (H)

L'**inductance** d'un circuit est **mesurée** par la **force électromotrice d'auto-induction** dont ce circuit est le siège lorsque l'**intensité du courant** qui le parcourt **varie uniformément d'une unité par seconde**.

Formule de définition:

$$L = \frac{e}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} \quad (1)$$

Si $e = 1$ volt; $\Delta I = 1$ ampère et $\Delta t = 1$ seconde;

on a: $L = 1$ henry

Le **henry** est l'**inductance électrique** d'un circuit fermé dans lequel une **force électromotrice de 1 volt** prend naissance lorsque le **courant électrique** qui parcourt le **circuit** varie uniformément de 1 ampère par seconde.

6 - Unité de flux d'induction magnétique: le weber (Wb)

Le **flux d'induction magnétique** traversant un **circuit** est **mesuré** par la **force électromotrice** que ce flux y produit lorsqu'on l'amène à **zéro** dans l'**unité de temps**.

Formule de définition:

$$e = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Si $e = 1$ volt et $t = 1$ seconde, on a: $\Delta \Phi = 1$ weber

Le **weber** est le **flux d'induction magnétique** qui, traversant un circuit d'une seule **spire**, y produit une **force électromotrice de un volt** si on l'amène à **zéro** en une **seconde** par **décroissance uniforme**.

7 - Unité d'induction magnétique

le **Tesla (T)** ou **weber par m² (Wb/m²)**

Si une surface quelconque S est placée dans un champ d'induction magnétique, perpendiculairement (on dit aussi normalement) aux lignes d'induction, le **flux d'induction** à travers cette surface a pour expression:

$$\Phi = B \cdot S$$

Formule de définition:

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

Si $\Phi = 1$ weber et $S = 1 \text{ m}^2$, on a: $B = 1$ weber par m^2 ou 1 Tesla
 $1 \text{ T} = \text{Wb}/\text{m}^2$

Le **Tesla** est l'**induction magnétique uniforme** qui, **répartie normalement** (perpendiculairement) sur une **surface de 1 mètre carré**, produit à travers cette surface un **flux d'induction magnétique total de 1 weber**.

On remarquera que les unités magnétiques sont rattachées aux unités électriques (par la formule de la f.é.m. d'induction), de telle sorte que les coefficients de **toutes** les formules électromagnétiques sont rendus égaux à 1: le système MKSA est **entièrement cohérent**.

Le système MKSA comporte encore d'autres unités: unités optiques et unités de radioactivité; nous ne les définirons pas ici, pour l'instant. En conclusion, nous espérons avoir ainsi montré, comme nous l'écrivions dans le préambule de cette étude, que le problème des unités qui paraît affreusement compliqué aux débutants, est en réalité bien simple.

(1) La lettre greque Δ (delta) remplace le mot **variation** de, elle a donc la même signification.

PUISSANCE ET ENERGIE - LOI DE JOULE

Les termes « **travail** » et « **énergie** » ont, du point de vue scientifique, un sens voisin.

En effet, tout corps, ou tout système de corps, capable de fournir un travail mécanique, possède de l'énergie.

L'énergie pouvant se transformer en travail, on l'évalue avec la même unité que celle-ci: le **Joule** (dans le système MKSA et dans le système pratique industriel).

L'énergie prend des formes diverses: mécanique, chimique, thermique (ou calorifique), **électrique**, nucléaire.

Le travail correspond, en fait, à la forme mécanique de l'énergie. On le définit comme étant le produit de la force par le déplacement dans la direction de la force:

$$W = F.l$$

La **puissance** d'une machine est égale au **travail effectué** — ou à l'**énergie consommée** — par cette machine **par unité de temps**, c'est-à-dire par seconde:

$$P = \frac{W}{t}$$

La puissance exprime donc la rapidité d'exécution d'un travail.

Travail et puissance électriques

Une charge électrique Q qui subit une chute de potentiel U effectue un **travail**:

$$W = Q.U$$

Si cette charge est transportée par un courant électrique d'intensité I , pendant un temps t , on a:

$$W = U.I.t$$

(puisque $Q = I.t$)

Dans ces conditions, la puissance du courant électrique — c'est-à-dire le travail effectué par ce courant dans l'unité de temps — sera:

$$P = U.I$$

avec: P , en **watts** (puisque l'unité d'énergie électrique, forme particulière de l'énergie, est le joule); U , en **volts** et I , en **ampères**

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule par seconde}$$

On a encore:

$$P = R.I^2$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

LOI DE JOULE

Joule a montré que l'énergie calorifique — résultant de la transformation de l'énergie électrique — développée dans une portion de circuit, est:

1 - **proportionnelle à la résistance de ce circuit** (si R double, W double également);

1 - **proportionnelle au CARRE de l'intensité du courant** traversant le circuit (si I double, W devient quatre fois plus grande);

3 - **proportionnelle au temps** de passage du courant (si t double, W double aussi).

C'est la **loi de Joule**, qui se traduit par la formule:

$$W = R.I^2.t$$

avec W , en **joules**; R , en **ohms**; I , en **ampères** et t , en **secondes**.

Si l'on divise par t , les deux membres de la relation précédente, on obtient:

$$\frac{W}{t} = R.I^2$$

soit:

$$P = R.I^2$$

Cette formule, déjà rencontrée, exprime donc la **puissance perdue par effet Joule** (sous forme de chaleur) à l'intérieur d'un circuit résistant.

On a encore:

$$W = \frac{U^2}{R}.t$$

$$W = U.I.t$$

Remarque - Les formules: $W = R.I^2.t$ et $P = R.I^2$ ne sont valables que pour le calcul de l'énergie (ou de la puissance) calorifique due à l'effet Joule.

Pour la tarification de l'énergie électrique, on emploie une unité d'énergie dérivée de l'unité de puissance: le **watt-heure** (Wh), ou, plus souvent encore, ses multiples:

— l'**hectowatt-heure** (hWh);

— le **kilowatt-heure** (kWh);

— et même, dans les grandes centrales électriques, le **mégawatt-heure** (MWh);

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$$

$$1 \text{ hWh} = 3\,600 \times 10^2 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600 \times 10^3 \text{ J}$$

$$1 \text{ MWh} = 3\,600 \times 10^6 \text{ J}$$

$$= (3\,600 \times 10^3 \text{ J}) \times 10^3$$

$$= 10^3 \text{ kWh}$$

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 70 et 71

- N. 1 — Quel est le principal avantage du récepteur superhétérodyne, ou à changement de fréquence, vis-à-vis du récepteur à amplification directe?
- N. 2 — Quelles sont les fréquences que l'on retrouve à la sortie de l'étage changeur de fréquence?
- N. 3 — Qu'entend-on par « fréquence image »?
- N. 4 — Quels sont les facteurs qui déterminent le choix de la Fréquence Intermédiaire, ou Moyenne Fréquence?
- N. 5 — Quelle est la « fréquence image » susceptible d'interférer avec une station reçue sur 760 kHz, la Moyenne Fréquence étant de 455 kHz?
- N. 6 — Quel est le rôle du « padding » du circuit d'accord de l'oscillateur?
- N. 7 — Dans une heptode convertisseuse, comment le couplage entre le signal incident et le signal local se fait-il?
- N. 8 — Pourquoi, dans un récepteur à changement de fréquences destiné à la réception des fréquences très élevées (Ondes Courtes et Très Courtes), préfère-t-on monter une mélangeuse et une oscillatrice séparées?
- N. 9 — Qu'est-ce que le gain de conversion, ou pente de conversion?
- N. 10 — Pourquoi utilise-t-on de préférence une détection par diode, dans un récepteur à changement de fréquence?
- N. 11 — En quoi un circuit C.A.V. normal diffère-t-il d'un circuit C.A.V. différé?
- N. 12 — Quels sont les étages indispensables dans un récepteur superhétérodyne? Quels sont ceux qui sont facultatifs?
- N. 13 — Pour quelle raison l'étage détecteur comporte-t-il très souvent une double diode et non une diode simple?
- N. 14 — Pourquoi préfère-t-on accorder l'étage oscillateur sur une fréquence supérieure à celle du signal incident?
- N. 15 — Pour quelle raison, en prenant une Moyenne Fréquence de valeur plus élevée, réduit-on les risques d'interférence par la fréquence image?
- N. 16 — Dans le récepteur décrit dans la 71ème leçon, quel est le rôle du condensateur de 10 000 pF en série dans la prise « Pick-up »?
- N. 17 — Pourquoi le transformateur de sortie comporte-t-il une prise intermédiaire?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 547

- N. 1 — Les émetteurs et les générateurs de signaux. Les premiers pour les communications par Radio et les seconds pour la mise au point et le dépannage des appareils.
- N. 2 — La capacité et l'inductance des circuits d'accord plaque et grille.
- N. 3 — La réaction inductive et la réaction capacitive.
- N. 4 — Dans la réaction inductive, une partie de l'énergie du circuit plaque est renvoyée sur le circuit-grille par un couplage magnétique entre deux bobines. Dans le second cas, le couplage se fait par capacité.
- N. 5 — De deux façons: en mesurant le courant grille ou la tension aux bornes de la résistance de grille.
- N. 6 — Pour que la lampe puisse produire des oscillations sans excitation extérieure et pour que son fonctionnement soit stable.
- N. 7 — La fréquence des oscillations est de 159 kHz.
- N. 8 — Pour que le courant continu puisse passer entre la cathode et la grille et entre la cathode et la plaque.
- N. 9 — Par la capacité interne entre grille et plaque du tube.
- N. 10 — Parce que, dans ce montage, la charge du circuit accordé de plaque est isolée de la partie oscillateur proprement dit par la présence d'une grille-écran. Cette dernière joue le rôle d'anode pour l'oscillatrice qui se trouve être, ainsi, totalement séparée du circuit auquel la charge est appliquée.
- N. 11 — C'est l'ensemble des phénomènes présentés par certaines substances cristallines, qui peuvent produire des courants électriques lorsqu'on les soumet à des efforts mécaniques, ou vibrer lorsqu'elles sont soumises à des courants électriques.
- N. 12 — Plus élevée que la fréquence de résonance propre du cristal.
- N. 13 — Ce sont l'inductance ou la capacité des circuits accordés de plaque et de grille, ou les résistances et les capacités dans le cas d'un circuit R-C.
- N. 14 — Les résistances et les capacités au moyen desquelles se fait le couplage entre les deux étages de l'oscillateur.
- N. 15 — La petite lampe à incandescence, ou la thermistance, stabilise la tension du signal produit par l'oscillateur, grâce à la variation de sa résistance qui compense les variations éventuelles de la tension d'oscillation.
- N. 16 — Parce que chaque cellule produit un déphasage de 60° et que le déphasage total nécessaire est de 180°.
- N. 17 — Celui de limiter considérablement l'amplification, en la maintenant juste au niveau suffisant pour l'entretien des oscillations. Cette perte d'amplification permet d'obtenir un signal beaucoup plus pur et une amplitude constante lorsque la fréquence varie.
- N. 18 — La fondamentale est la fréquence effectivement produite par l'oscillateur. L'harmonique est une fréquence multiple de la fondamentale, correspondant au double, au triple, au quadruple,... selon qu'il s'agit respectivement du deuxième, du troisième, du quatrième harmonique...

Dans les 34^{ème} et 35^{ème} leçons, nous avons appris la théorie du fonctionnement des filtres composés d'inductances, de capacités et de résistances. Ces filtres se divisent en trois catégories principales; les **filtres passe-bande**, qui permettent le passage d'une gamme de fréquence déterminée sans atténuation appréciable, mais qui atténuent, par contre toutes les fréquences situées en dehors de cette gamme; les **filtres passe-haut**, qui atténuent toutes les fréquences inférieures à une certaine valeur; et laissent passer les fréquences supérieures; enfin, les **filtres passe-bas**, qui atténuent les fréquences supérieures à une certaine valeur et qui laissent passer toutes les fréquences inférieures.

Le calcul de ces filtres est relativement compliqué; toutefois le tableau 69, intitulé « Calcul des filtres atténuateurs », permettra un calcul rapide, suffisamment précis, au moyen des formules figurant sous les divers schémas.

Ainsi que nous l'avons vu, les principaux types de filtres sont les filtres en « T » et les filtres en « π ». Tous les filtres représentés dans le tableau ci-contre sont du type asymétrique, ayant donc un côté à la masse. Pour les transformer en filtres symétriques, pour leur utilisation au couplage des deux grilles des lampes d'un étage amplificateur push-pull, par exemple, il suffira de diviser par deux les valeurs des éléments réactifs en série et de les répartir symétriquement des deux côtés du circuit.

Dans chaque filtre bipolaire (c'est-à-dire à deux lignes, l'une d'aller, l'autre de retour), on a toujours — en dernière analyse — deux valeurs d'impédance résultante, l'une étant celle en série dans le circuit (que nous appellerons Z_1) et l'autre en parallèle (Z_2). Quand les caractéristiques du filtre sont telles que le produit de ces deux valeurs soit indépendant de la fréquence, on a :

$$Z_1 \times Z_2 = \text{« k »}$$

La cellule de filtre est alors appelée à **k constant**, en raison du fait que « k » garde une valeur constante, indépendante de la fréquence du signal traversant la cellule. Ce type de filtre est le plus employé; toutefois quand l'atténuation désirée est plus critique, ou doit être plus importante, on peut ajouter d'autres éléments à ce circuit fondamental, c'est-à-dire d'autres inductances et capacités, soit dans la branche série, soit dans la branche en parallèle. On obtient ainsi une cellule **dérivée en m**. Ces filtres donnent une atténuation infinie pour les fréquences supérieures à la fréquence de coupure, représentée par le symbole f_c .

Le facteur **m** est fonction du rapport existant entre la fréquence de coupure (celle à partir de laquelle commence l'atténuation) et la fréquence pour laquelle l'atténuation est maximale.

En pratique, ce facteur **m** est égal à 0.6 environ. Dans ce cas, la valeur de f sera égale à 1,25 fois la fréquence de coupure, pour les filtres passe-bas, et à 0,8 fois la fréquence de coupure pour les filtres passe-haut.

R représente la résistance ohmique de la charge. Le symbole f_1 représente la fréquence de coupure inférieure et f_2 la fréquence de coupure supérieure. Les unités de mesure d'inductance L , de capacité C , de résistance R et de fréquence f , sont respectivement en

henrys, en farads, en ohms et en hertz.

Dans les filtres comportant plusieurs inductances, on doit éviter tout couplage inductif entre les différentes bobines; pour cela, celles-ci devront être soigneusement blindées et disposées à des distances suffisantes les unes des autres.

Supposons que nous devions calculer un filtre passe-haut en « T », à « k » constant, destiné à éliminer toutes les fréquences en dessous de 1 000 Hz et de permettre le passage des fréquences supérieures, et que la résistance interne de la charge soit égale à 10 000 ohms. Nous avons donc: $R = 100\,000$ ohms; $f_c = 1\,000$ Hz.

En consultant le tableau ci-contre, nous voyons que, pour ce type de filtre:

$$L = \frac{R}{4\pi f_c} \quad \text{et} \quad C = \frac{1}{4\pi f_c R}$$

L'indice « k » affectant les lettres L et C des formules, signifie seulement qu'il s'agit justement de filtres à « k » constant.

En substituant les valeurs connues dans les formules ci-dessous on a :

$$L = \frac{100\,000}{12\,560} \quad \text{et} \quad C = \frac{1}{1\,256\,000\,000} \quad \text{d'où:}$$

$$L = 7,87 \text{ henrys} \quad \text{et} \quad C = 0,000000000787 \text{ farads}$$

$$= 0,000787 \mu\text{F} = 787 \text{ pF}$$

En nous reportant au schéma du filtre et aux symboles affectés à chaque composant, nous voyons que nous avons deux condensateurs en série, ayant chacun une capacité de $0,000787 \times 2 = 0,001574 = 1\,574 \text{ pF}$; entre ces deux condensateurs et la masse est branchée une bobine sur noyau magnétique (étant donnée sa valeur élevée) ayant une inductance de 7,87 henrys.

Comme nous l'avons vu lors de l'étude des circuits d'alimentation, le courant redressé ondulé, provenant des redresseurs, doit être nivelé par des filtres. Nous avons vu, également, que ces filtres peuvent être du type RC (c'est-à-dire à résistance-capacité), ou du type LC (à inductance-capacité).

Ces filtres se subdivisent, à leur tour, en deux catégories: les filtres à **entrée capacitive**, dans lesquels la tension ondulée est appliquée directement aux bornes du premier condensateur du filtre, comme dans la **figure 1**, et les filtres à **entrée inductive** (ou **résistive**), dans lesquels la tension ondulée est appliquée au premier condensateur à travers une inductance (ou une résistance), comme sur la **figure 2**.

Nous savons, également, que le courant redressé ondulé ne peut pas être considéré comme un courant continu, car il contient des ondulations dont la fréquence est égale à celle du courant alternatif d'origine, si l'on ne redresse qu'une alternance, et égale au double de cette fréquence, si l'on redresse les deux alternances. Etant donné que la fréquence du courant alternatif est normalisée, dans toute la France, à 50 Hz, la fréquence des ondulations du courant redressé est donc respectivement de 50 ou de 100 Hz.

Pour obtenir un courant redressé sensiblement continu, nous devons donc monter un filtre à la sortie du redresseur. Les éléments de ce filtre peuvent être cal-

TABLEAU 71 - CALCUL des FILTRES ELECTRIQUES

Filtre en "π" à k constant	Filtre en "π" à trois éléments	Filtre en "π" à trois éléments
Filtre en "T" à k constant	Filtre en "T" à trois éléments	Filtre en "T" à trois éléments
$L_{1K} = \frac{R}{\pi(f_2 - f_1)} \quad C_{1K} = \frac{f_2 - f_1}{4\pi f_1 f_2 R}$ $L_{2K} = \frac{(f_2 - f_1)R}{4\pi f_1 f_2} \quad C_{2K} = \frac{1}{\pi(f_2 - f_1)R}$	$L_1 = L_{1K} \quad L'_1 = \frac{R}{\pi(f_1 + f_2)}$ $C_1 = \frac{f_2 - f_1}{4\pi f_1 f_2 R} \quad L_2 = \frac{(f_2 - f_1)R}{4\pi f_1 f_2}$ $C_2 = C_{2K} \quad C'_2 = \frac{1}{\pi(f_1 + f_2)R}$	$L_1 = \frac{f_1 R}{\pi f_2 (f_2 - f_1)} \quad C_1 = C_{1K}$ $C'_1 = \frac{f_1 + f_2}{4\pi f_1 f_2 R} \quad L_2 = L_{2K}$ $L'_2 = \frac{(f_1 + f_2)R}{4\pi f_1 f_2} \quad C_2 = \frac{f_1}{\pi f_2 (f_2 - f_1)R}$

FILTRES
Passe - bande

Filtre en "π" à k constant	Filtre en "m" et "π"	Filtre terminal en "m" et interruption pour ajouter des filtres en "π" intermédiaires
Filtre en "T" à k constant	Filtre en "T" à dérivation en m	Filtre terminal à dérivation en "m" avec interruption pour ajouter des filtres en "T"
$L_k = \frac{R}{4\pi f_c} \quad C_k = \frac{1}{4\pi f_c R}$	$L_1 = \frac{4m}{1-m^2} L_k \quad C_1 = \frac{C_k}{m}$ $L_2 = \frac{L_k}{m} \quad C_2 = \frac{4m}{1-m^2} C_k$	$L_1 = \frac{4m}{1-m^2} L_k \quad C_1 = \frac{C_k}{m}$ $L_2 = \frac{L_k}{m} \quad C_2 = \frac{4m}{1-m^2} C_k$

FILTRES
Passe - haut

Filtre en "π" à k constant	Filtre en m et "π"	Filtre terminal en "m" et interruption pour ajouter des filtres en "π"
Filtre en "T" à k constant	Filtre en "T" à dérivation en m	Filtre terminal à dérivation en "m" avec interruption pour ajouter des filtres en "T"
$L_k = \frac{R}{\pi f_c} \quad C_k = \frac{1}{\pi f_c R}$	$L_1 = m L_k \quad C_1 = \frac{1-m^2}{4m} C_k$ $L_2 = \frac{1-m^2}{4m} L_k \quad C_2 = m C_k$	$L_1 = m L_k \quad C_1 = \frac{1-m^2}{4m} C_k$ $L_2 = \frac{1-m^2}{4m} L_k \quad C_2 = m C_k$

FILTRES
Passe - bas

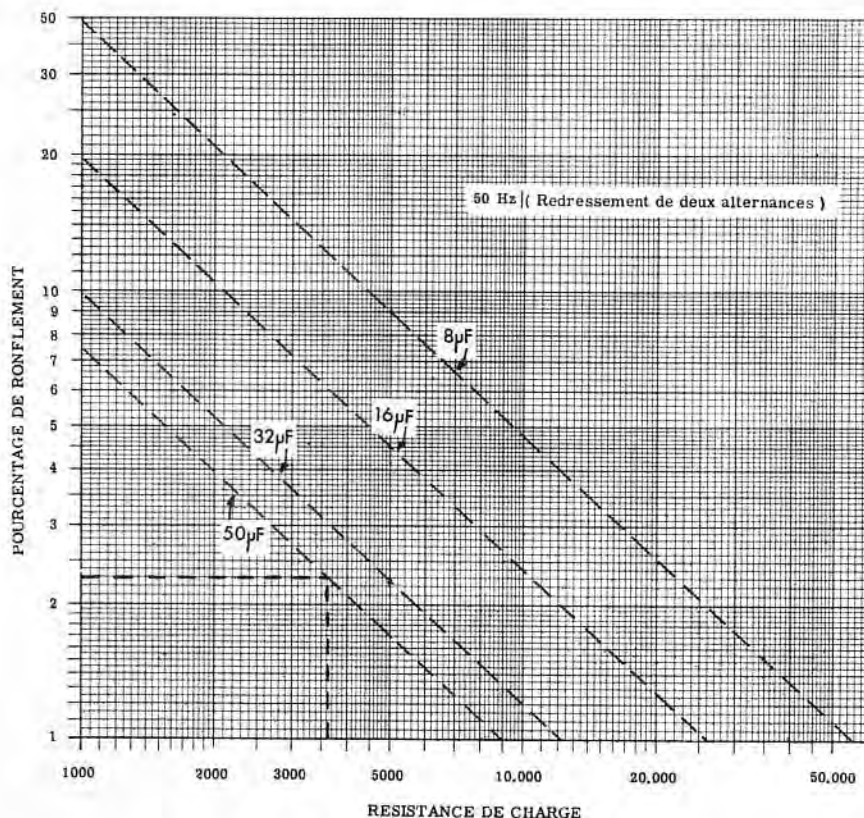


TABLEAU 72 - POURCENTAGE de RONFLEMENT RESIDUEL en FONCTION de la RESISTANCE de CHARGE, pour une FREQUENCE de 50 Hz.

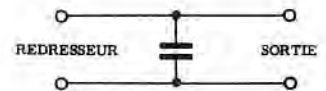


Fig. 1 - Le filtre le plus simple est constitué par un condensateur branché à la sortie du redresseur. L'exemple indiqué sur le graphique se rapporte à une résistance de charge de 3 600 ohms, un condensateur électrolytique de 50 μF , et une fréquence de 50 Hz. Avec ces valeurs le pourcentage de ronflement est de 2,3%.

culés, avec une approximation suffisante, au moyen des abaques que nous publions ici.

Considérons, avant tout, le cas le plus simple, celui d'un filtre constitué par un seul condensateur branché aux bornes de sortie du redresseur : les abaques des tableaux 72 et 73, concernent ce cas. Sur l'axe horizontal sont indiquées les valeurs possibles de la résistance interne de la charge ; cette résistance se calcule facilement en divisant la tension disponible par l'intensité du courant absorbé par la charge. Sur l'axe vertical, ont été indiqués les pourcentages de ronflement résiduel obtenus par la mise en parallèle d'un condensateur de capacité déterminée.

Le premier abaque (tableau 72), concerne le cas du redressement d'une seule alternance (50 Hz) ; le second abaque (tableau 71) concerne le cas du redressement des deux alternances de ce même courant (la fréquence des ondulations étant, alors, de 100 Hz).

Si nous disposons d'une tension redressée ondulée de 250 volts (par exemple) à la sortie du redresseur et que nous mesurons, au moyen d'un voltmètre à courant alternatif relié par l'intermédiaire d'un condensateur au papier de forte valeur aux bornes du redresseur, la tension de ronflement résiduelle, nous lisons une tension de 2,5 volts (par exemple) ce qui signifie que la composante alternative, ou pourcentage de ronflement, est de 1%.

Pour connaître, à l'aide de l'abaque, le pourcentage de ronflement résiduel après la mise en parallèle d'un condensateur de capacité connue, il suffit de mener une perpendiculaire à partir du point de l'axe horizontal correspondant à la résistance de la charge, jusqu'à sa rencontre avec une des droites inclinées du graphique, correspondant à la capacité donnée.

De ce point d'intersection, nous tracerons une horizontale, vers la gauche, qui rencontrera l'axe vertical

en un point qui indiquera le pourcentage cherché.

Comme on le voit, les droites inclinées sont au nombre de quatre, dans le premier abaque, et de trois, dans le deuxième ; elles correspondent aux valeurs les plus courantes des condensateurs employés dans les filtres. Il est évident que, par le procédé classique de l'interpolation, on pourra tracer d'autres droites correspondant à d'autres valeurs de capacité.

Supposons — par exemple — que nous appliquions une tension ondulée de 300 volts aux bornes d'une charge de 10 000 ohms. Si la fréquence des ondulations est de 100 Hz, (tableau 73), le taux de la composante alternative résiduelle se réduit à 2,8%, environ, avec un condensateur de 8 microfarads. Cela veut dire que la tension redressée ondulée peut être, maintenant, considérée comme une tension continue de 300 volts, avec une composante alternative (ronflement) d'une amplitude de l'ordre de 8,6 volts. Par contre, si nous doublons la capacité de filtrage — en la portant à 16 μF — ce pourcentage se réduit à 1,4% (soit un ronflement de 4,3 volts, environ).

Pour que le taux de ronflement (qui ne peut jamais atteindre la valeur zéro) soit tolérable, c'est-à-dire pour qu'il ne provoque pas un ronflement audible à la sortie de l'appareil alimenté, il faut le réduire encore davantage, et cette réduction devra être d'autant plus élevée que l'appareil (le récepteur, par exemple) sera plus sensible et de meilleure qualité. Cette nouvelle réduction ne peut être obtenue que par l'adjonction d'autres éléments au filtre : une inductance en série, ou une autre capacité en parallèle.

Pour calculer les valeurs des composants L et C à ajouter au filtre, on peut utiliser l'abaque du tableau 74. Nous voyons, sur celui-ci, que le produit $L \times C$ est porté sur l'axe horizontal (l'inductance étant exprimée en henrys et la capacité en microfarads). Ce graphi-

TABEAU 73 - POURCENTAGE de RONFLEMENT RESIDUEL en FONCTION de la RESISTANCE de CHARGE, pour une FREQUENCE de 100 Hz.

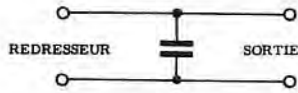
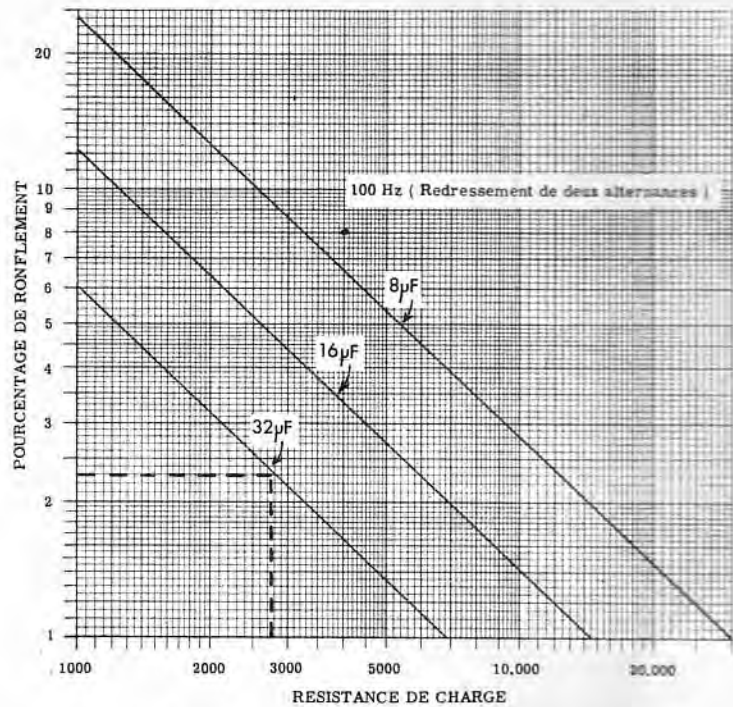


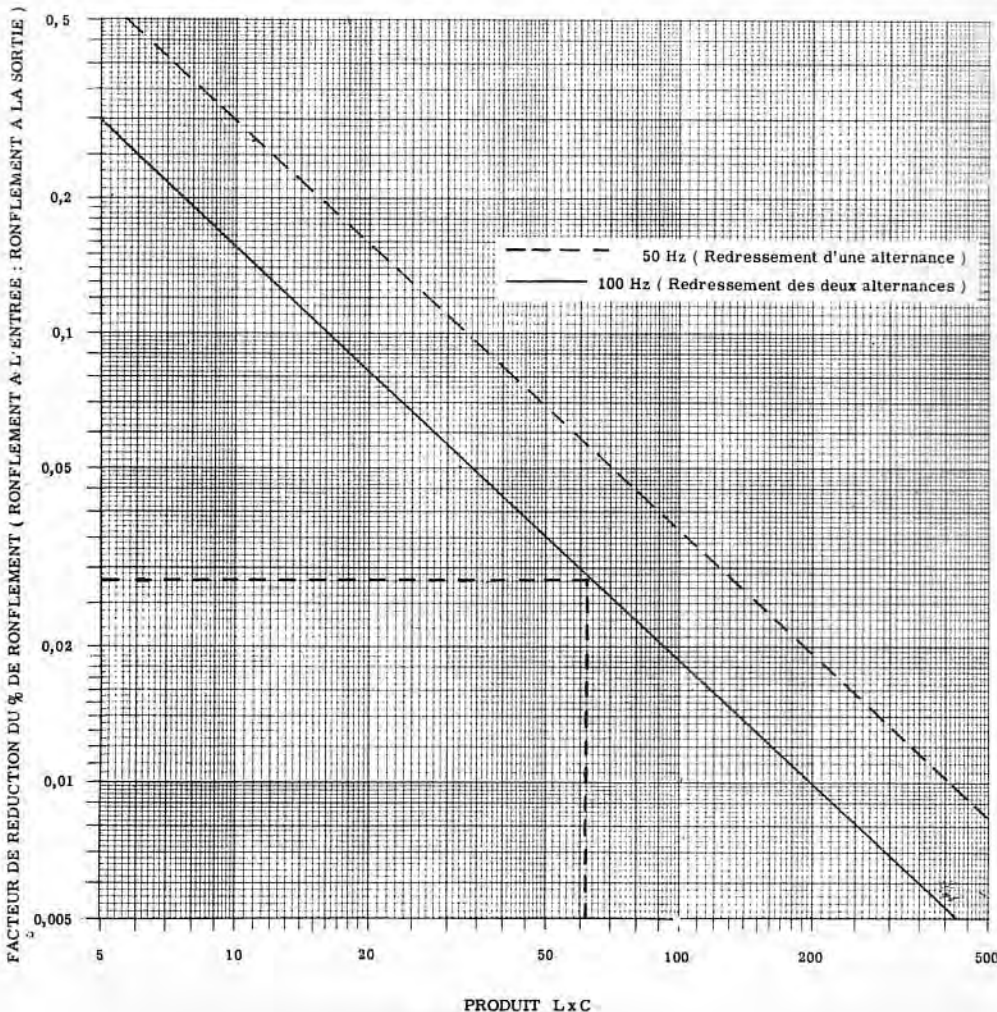
Fig. 1 bis - Si la fréquence de la composante alternative est 100 Hz, l'efficacité du condensateur mis en parallèle sur la sortie du redresseur est meilleure. Comme le montre l'exemple représenté sur le graphique, avec une résistance de charge de 2 800 ohms et une capacité de 32 μF , le taux de ronflement est de 2,3%.



que comporte deux droites de référence, l'une en traits continus concerne le redressement des deux alternances, l'autre en traits discontinus, le redressement d'une seule alternance.

En reprenant l'exemple précédent, supposons que nous désirions réduire encore le pourcentage de ronflement résiduel pour l'amener à la valeur de 0,6% (soit 1,8 volt de composante alternative pour 300 volts con-

tinus). Dans ce cas, en nous reportant au résultat obtenu précédemment avec une capacité de 8 μF , le facteur de réduction du taux de ronflement devra être de $0,6 : 2,8 = 0,214$ environ. On cherchera cette valeur sur l'axe vertical du graphique et à partir de ce point, nous tracerons une horizontale vers la droite, jusqu'à son intersection avec la droite inclinée correspondant à 100 Hz. De ce point d'intersection, nous abais-



TABEAU 74 - FACTEUR de POURCENTAGE de RONFLEMENT par CEL-LULE « L - C » SUPPLEMENTAIRE.

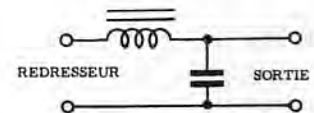


Fig. 2 - Si nous voulons améliorer le filtrage, on peut ajouter ce filtre à celui de la figure 1. Dans l'exemple du graphique (se rapportant à une fréquence de 100 Hz), il faut, pour obtenir un facteur de réduction du pourcentage de ronflement égal à 0,027, que le produit LC soit égal à 66.

N° de la page du «Cours»	FORMULES selon le système pratique ou le système C.G.S. d'unités.	FORMULES selon le système d'unités MKSA rationalisé et avec les symboles normalisés.
117	S, en cm²; l, en cm. N, nombre de spires	S, en m²; l, en m; La perméabilité absolue μ du milieu magnétique est douée de dimensions. Elle peut être considérée dans le système MKSA, comme l'inductance par mètre de longueur d'une bobine plongée dans le milieu magnétique considéré, dont la longueur est infinie et la section 1m². Elle s'exprime alors en henrys par mètre (H/m). Remarque = Ces formules ne sont valables que pour une bobine cylindrique de grande longueur (par rapport à son diamètre). Pour une bobine de faible longueur, on corrigera la valeur de l'inductance fournie par l'une des formules ci-dessus, en la multipliant par un facteur de forme qui dépend du rapport d. C'est le coefficient de Nagoka qui peut être déterminé à l'aide de tables, ou calculé comme suit: $k_{nl} = \frac{1}{0,457 \frac{d}{l} + 0,995}$ d et l, en cm d = diamètre de la bobine l = longueur de la bobine
244	$C = \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \frac{KS}{4\pi e}$ C, capacité du condensateur, en farads; K, constante diélectrique de l'isolant; S, surface commune aux 2 armatures, en cm; e, épaisseur du diélectrique (isolant), en cm. Dans l'air (K = 1): $C = \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \frac{S}{4\pi e}$	$C = \varepsilon \frac{S}{e}$ $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$ C, en farads (F); S, en mètres carrés (m²); e, épaisseur du diélectrique (isolant), en mètres (m); ε, permittivité (ou constante diélectrique) absolue de l'isolant ε_r, permittivité relative de l'isolant ε_0, permittivité du vide (ou de l'air sec)

N° de la page du «Cours»	FORMULES selon le système pratique ou le système C.G.S. d'unités.	FORMULES selon le système d'unités MKSA rationalisé et avec les symboles normalisés.
259	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Dans l'air ($\mu_r = 1$) $C = \varepsilon_0 \frac{S}{e}$ La permittivité relative est celle qui est donnée par les tables ou par les courbes. Avec un diélectrique quelconque, on a donc: $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{e}; \text{ soit:}$ $C_1 = 8,85 \cdot 10^{-12} \varepsilon_r \frac{S}{e}$ C, en F; S, en m²; e, en m Si C est exprimé en picofarads (pF); S en cm²; e, en cm: $C_{pF} = 0,0885 \varepsilon_r \frac{S}{e}$ (de préférence à $0,0885 \frac{KA}{d}, \text{ formule}$ publiée) Pour rester dans le système MKSA, il faut exprimer S en m² et e en m. On a alors : $C_{pF} = 8,85 \varepsilon_r \frac{S}{e}$ Note. - La permittivité absolue d'un isolant, est, tant comme la perméabilité absolue d'un milieu magnétique, douée de dimensions. Si, dans la formule $C = \varepsilon \frac{S}{e}$, on fait S = 1 et e = 1, on obtient C = ε. Ce qui signifie que la permittivité absolue d'un diélectrique est mesurée (dans le système MKSA rationalisé) par la capacité d'un condensateur plan dont la surface commune aux deux armatures est de 1 m² et dont l'épaisseur du diélectrique est égale à 1 m. La permittivité est donc une capacité linéique (capacité par unité de longueur), qui s'exprime en farads par mètre (F/m).	

L'EQUIPEMENT DE LA MAISON DE L'O.R.T.F.

(voir Numéro précédent)

Enfin, le niveau des sources extérieures de modulation qui arrivent au Centre par câbles, est ramené au niveau standard par des amplificateurs placés en aval d'éventuels correcteurs, fixes ou variables, dont le but est de remédier à la déformation du spectre de fréquences en fonction des caractéristiques de transmission propres à chaque câble de radiodiffusion à longue distance.

2 - LES AMPLIFICATEURS PRINCIPAUX

A partir de l'une quelconque des sources intérieures de modulation (microphones électrodynamiques et leur préamplificateur, microphones électrostatiques, machines de lecture) la chaîne d'amplificateur comporte trois amplificateurs.

- un amplificateur d'entrée, constitué par un amplificateur de mélange à gain variable;
- un amplificateur intermédiaire, de même type que le précédent et recevant généralement les sorties de plusieurs amplificateurs d'entrée mis en parallèle;
- un amplificateur de ligne à gain pré réglé (1).

Ces amplificateurs transmettent la bande de fréquence 40-15 000 Hz avec une distorsion inférieure à un demi décibel et un affaiblissement de distorsion harmonique supérieur à 50 dB.

3 - LES AMPLIFICATEURS AUXILIAIRES

En plus des amplificateurs principaux de la chaîne d'amplification, les équipements de radiodiffusion comprennent un certain nombre d'amplificateurs auxiliaires:

EXEMPLE D'UN MATERIEL Magnétophone fixe - Type R.T.F. 463 C pour Cabine de prise de Son.

Le magnétophone fixe type 463 C est destiné à équiper les cabines de prise de son et les cabines de programme des centres basse-fréquence de Radiodiffusion.

Cet appareil, qui répond aux spécifications de la Radiodiffusion Télévision Française, se distingue par sa facilité d'emploi et d'excellentes caractéristiques mécaniques et électriques portant en particulier sur la régularité de la vitesse de défilement et sur la largeur de la bande passante.

En outre, tous les organes mécaniques sujets à usure sont entièrement et immédiatement interchangeables: compte tenu des très faibles tolérances d'usinage extérieur des pièces, ces remplacements de pièces permettent de tenir largement les performances spécifiées.

Les blocs porte-têtes, en particulier, sont simplement enfichés dans la platine mécanique: leur démontage est donc immédiat. Leur interchangeabilité totale peut être vérifiée par le fait que, dans le cas de l'explo-

tation simultanée de plusieurs machines du même type, l'échange des blocs porte-têtes ne modifie en rien les caractéristiques des enregistrements respectifs.

De même, les circuits électroniques d'amplification et d'alimentation sont montés en caissons autonomes interchangeables, ce qui permet une remise en route immédiate en cas d'incident de fonctionnement.

DESCRIPTION GENERALE

Le magnétophone type 463 C se présente sous la forme d'un ensemble contenu dans un bâti métallique constitué d'une baignoire en tôle, à la partie inférieure de laquelle est fixé un châssis destiné à recevoir les organes électroniques.

La baignoire est fermée vers le haut par une pla-



Magnétophone fixe type 463 C.

tine nervurée basculante qui porte tous les organes mécaniques et électriques d'entraînement de la bande, les têtes, le clavier de commande, les dispositifs de contrôle, un haut-parleur et une prise pour casque.

Les têtes de lecture, d'enregistrement et d'effacement sont toutes trois montées sur un bloc porte-têtes, amovible. Un dispositif manuel permet d'écarter la bande soit de la tête de lecture, soit des deux têtes d'enregistrement et d'effacement, soit des trois ensemble.

Les circuits électroniques associés au magnétophone sont contenus dans quatre caissons:

- l'amplificateur de lecture et de repérage;
- l'amplificateur d'enregistrement, d'effacement et de polarisation;
- le châssis d'alimentation 48 volts de la machine de défilement;
- un châssis contenant les organes de protection et d'allumage de l'ensemble.

Chacun de ces quatre caissons est raccordé électriquement au châssis par deux connecteurs à 14 broches enfichables, situés sur l'arrière du caisson. La platine supérieure basculante est raccordée au châssis par des câbles souples aboutissant à des prises SOCAPEX.

Le raccordement extérieur de l'ensemble se fait par l'intermédiaire de deux prises SOCAPEX.

(1) Ces amplificateurs de ligne peuvent être également utilisés comme amplificateurs séparateurs à gain nul.

PRINCIPE DU DISPOSITIF D'ENTRAÎNEMENT

La platine mécanique assure le fonctionnement du magnétophone dans les différents cas d'utilisation. La commande en est effectuée par un clavier à cinq touches (lecture, enregistrement, rebobinage, sécurité, arrêt) et par un commutateur de vitesse (38.1 ou 19.05 cm/s).

Le clavier actionne un bloc de relais primaires type «Pentaconta» qui commandent à leur tour les contacteurs secondaires assurant la mise en service des organes nécessaires au mode de fonctionnement choisi.

L'entraînement de la bande est assuré par un moteur synchrone et par deux moteurs droite et gauche, directement liés aux axes des bobines. Leur fonctionnement est le suivant:

1) «**Lecture**»: le moteur synchrone est alimenté et assure l'entraînement de la bande, à la vitesse choisie, par l'intermédiaire d'un galet presseur. Les moteurs latéraux sont sous-alimentés de façon à limiter la tension de la bande. Les têtes d'enregistrement et d'effacement ne sont pas alimentées.

2) «**Enregistrement**»: l'entraînement de la bande se fait comme précédemment; un voyant rouge indique que la machine enregistre; les têtes d'enregistrement et d'effacement sont alimentées.

3) «**Rebobinage**»: l'entraînement de la bande se fait à vitesse variable dans un sens ou dans l'autre, par manoeuvre d'un dispositif potentiométrique qui fait varier la tension inversement sur les deux moteurs. Le moteur synchrone n'est pas alimenté.

4) «**Arrêt**»: Aucun moteur n'est alimenté, mais des freins électromagnétiques agissent sur les moteurs latéraux; ils permettent cependant l'enroulement de la bande à la main.

DISPOSITIFS ELECTROMECANIQUE PARTICULIERS

1) Régulation de la tension de la bande.

En lecture et en enregistrement, la tension de la bande est automatiquement régulée, pendant toute la longueur d'une bande de 750 mètres, par un dispositif à inductance saturée actionné par un doigt palpeur et inséré dans le circuit du moteur gauche. Un des galets-tendeurs est en outre associé à un volant qui constitue un filtre mécanique absorbeur.

2) Arrêt automatique en cas de rupture de bande ou en fin de bande.

Une cellule photo-électrique incorporée dans le bloc porte-têtes provoque l'arrêt automatique dès que la bande cesse de se présenter devant les têtes.

3) Démarrage rapide

Pour obtenir un démarrage instantané de la bande, le moteur synchrone peut être alimenté dès qu'une bande est en place sur la platine mécanique.

4) Freinage

L'arrêt instantané de la bande est assuré par l'envoi d'une impulsion de courant continu dans les deux moteurs latéraux: on obtient ainsi un arrêt de la bande sans à-coups ni trop forte tension.

5) Télécommande

Un circuit de télécommande permet le démarrage à distance du magnétophone, par exemple à partir de la console de prise de son ou de la console de la cabine de programme.

DE BONNES SOUDURES EXIGENT
le FER A SOUDER **Superflash**



MODÈLE *Hot gun*
FER A SOUDER UNIVERSEL

- Temps de chauffage : quelques secondes
- Puissance utile : 100 W
- Secteur : 127-220 V par commut. incorporé
- Isolement : 5.000 V en essais de pointe
1.500 V en continu
- Interchangeabilité de la panne
- Eclairage puissant de la zone à souder
- Fonctionnement normal intermittent : plusieurs dizaines de milliers d'opérations.

- FORME RATIONNELLE
- COULEUR FONCTIONNEL
- MATIÈRE : MÉLAMINE
- SÉCURITÉ ABSOLUE

★ Chaque pistolet est livré en coffret plastique avec bobine de soudure et pinceau métallique pour nettoyage de la panne.

DOCUMENTATION GRATUITE SUR SIMPLE DEMANDE A

SUPERTONE 98, RUE PAUL-VAILLANT-COUTURIER
LEVALLOIS (SEINE) • TÉL. PER. 22-52

REMISE spéciale AUX LECTEURS SE
RECOMMANDANT DE "VOTRE CARRIÈRE"...

Fred KLINGER

arithmétique

pour

CALCULATEURS ÉLECTRONIQUES

Les opérations dans les systèmes binaire, ternaire, octal, etc., dans les divers codes, le tout suivi d'exercices avec leurs solutions.

SOMMAIRE

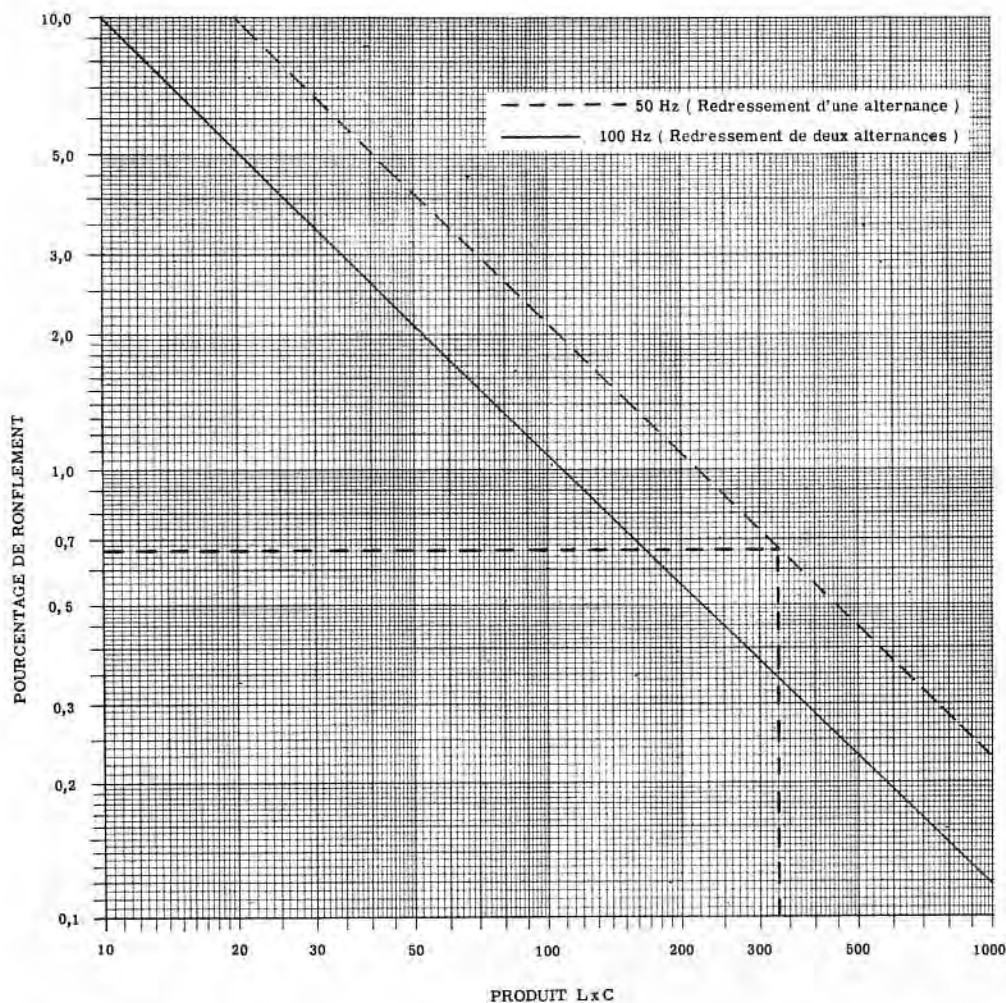
- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| I. Les systèmes de numération | V. Divisions |
| II. Additions | VI. Les décimales |
| III. Soustractions | VII. Autres systèmes |
| IV. Multiplications | VIII. Codes |

"Le calcul binaire est tellement simple, c'est pourquoi on l'a choisi pour les machines. Apprenez à vous en servir si vous voulez comprendre la comptabilité électronique"

Un volume de 176 pages. Prix: 12 F plus port 1 F

ÉDITIONS CHIRON - 40 r. de Seine - PARIS 6^e

C. C. P. PARIS 53-35



TABEAU 75 - POURCENTAGE de RONFLEMENT RESIDUEL d'un FILTRE à ENTREE INDUCTIVE.

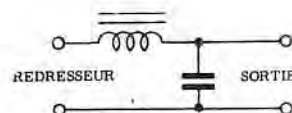


Fig. 2bis - Dans ce cas, la figure représente un filtre à entrée inductive. En conséquence, le premier condensateur (condensateur d'entrée ou de tête) est supprimé. L'exemple représenté sur le graphique se rapporte à une fréquence de 50 Hz et il montre que pour réduire le taux de ronflement à 0,65% de la tension totale, il faut adopter pour L et C des valeurs telles que leur produit soit égal à 350.

serons une perpendiculaire sur l'axe horizontal qui donnera la valeur du produit $L \times C = 7.2$.

Pour déterminer, à partir de ce produit, l'inductance et la capacité nécessaires, on procède de la manière suivante: l'inductance nous est donnée, avec une bonne approximation, par la formule:

$$L \text{ (en henrys)} = \frac{\text{Rés.de charge (en ohms)}}{1000} \times \frac{120}{\text{fréquence}}$$

En conséquence:

$$L = \frac{10000}{1000} \times \frac{120}{100} = 10 \times 1,2 = 12 \text{ henrys}$$

Connaissant la valeur de l'inductance, il suffit de diviser le produit LC par 12 pour trouver la capacité nécessaire (en microfarads). Nous aurons donc:

$$C = 7,5 : 12 = 0,625 \mu\text{F}$$

Si nous le voulons, nous pouvons encore diminuer le taux de ronflement en augmentant l'inductance ou (et) la capacité, ou en ajoutant une autre cellule de filtrage LC. Ceci dépendra des exigences de l'appareil à alimenter. Comme pratiquement il n'existe pas de condensateurs ayant une capacité de 0,625 μF on pourra prendre la valeur la plus proche disponible.

Nous n'avons considéré, jusqu'ici, que les filtres à entrée capacitive. Il nous faut, maintenant, calculer un filtre à entrée inductive qui, bien qu'il ne permette de disposer que d'une tension inférieure, présente l'avantage, entre autre, de donner une tension filtrée plus stable. Pour ce faire, nous utiliserons l'abaque

du tableau 75, sur lequel le produit $L \times C$ est porté sur l'axe horizontal, et le taux de ronflement obtenu, sur l'axe vertical.

Nous retrouvons, également dans ce graphique, les deux droites de référence se rapportant aux deux fréquences, 100 et 50 Hz, selon le type de redresseur employé. Connaissant le pourcentage de ronflement que nous pouvons admettre à la sortie du filtre, on cherche le point correspondant sur l'axe vertical et, suivant la méthode déjà vue plus haut, en traçant deux droites perpendiculaires entre elles à partir de la droite de référence, on trouve le produit $L \times C$.

La valeur de L est calculée dans ce cas par:

$$L \text{ (en henrys)} = \frac{\text{Rés. de charge (en ohms)}}{500} \times \frac{120}{\text{fréquence}}$$

Supposons, par exemple, que la charge soit de 5 000 Ω et que l'on veuille obtenir un pourcentage de ronflement de 0,5%. Le redressement se faisant sur une seule alternance, la valeur de LC est 370 (abaque 73).

L'inductance sera de:

$$L = (5000 : 500) \times (120 : 50) = 10 \times 2,4 = 24 \text{ henrys}$$

Et la capacité sera donc de:

$$C = 370 : 24 = 15,4 \mu\text{F}$$

Naturellement les valeurs ainsi trouvées pourront être arrondies au chiffre supérieur et, dans notre cas, nous prendrons un condensateur de 16 μF .

Si nous voulons encore améliorer le taux de ronflement, nous pourrions ajouter une autre capacité ou, mieux encore, une autre cellule de filtrage LC.

— LES FOURNISSEURS DE VOTRE MATERIEL —

ELECTRONIQUE MONTAGE

111, BD RICHARD LENOIR - PARIS XI^e
(métro oberkampf)
SPÉCIALISTE MODULES RÉUSSITE COMPLÈTE
TOUS LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
EXPÉDITION PROVINCE

Amateurs, Installateurs, Dépanneurs,
les valises de dépannage Radio TV Sptés
PAUL sont en vente dans toute la France.
5 modèles.
Adresse de nos Agents sur simple demande.
Spécialités Ch. PAUL - 28, rue Raymond Lefebvre
MONTREUIL (Seine) Tél. : 287-54-16

CIBOT RADIO

1 à 3, RUE DE REUILLY - PARIS 12^e
TEL. : DID. 66-90
TOUT L'OUTILLAGE
POUR L'ÉLECTRONIQUE

Catalogue complet de pièces détachées : 5 F

Catalogue de Kit

Ensemble de pièces détachées

Du poste à galène au téléviseur

EXPÉDITION A LETTRE LUE PARIS-PROVINCE

RADIO-BEAUGRENELLE

6, RUE BEAUGRENELLE - PARIS 15^e
Tél. : 828.58.30
TOUTE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO
LAMPES-TRANSISTORS-TELEVISION
EXPÉDITION PROVINCE
Envoi du tarif contre 3 timbres-lettre

MIEUX QU'UN CATALOGUE !
Tous ceux qui s'intéressent à la radio se doivent de posséder
le **MEMENTO ACER**
VÉRITABLE DIGEST DE L'ÉLECTRONIQUE
TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES
TOUTE UNE GAMME DE MONTAGE EN KIT
Envoi contre 6F pour frais
ACER 42bis, rue de Chabrol - PARIS 10^e



80 PAGES contre 2.50 en timbres pour frais d'envoi
● HIFI (amplis - HP - tuners FM - enceintes
acoustiques) ● Grand choix de pièces
détachées ● Appareils de mesures ●
Outillage ● Appareils électriques ● De
nombreuses réalisations ● Sur place : un
choix énorme à des prix "champion".

Comptoirs CHAMPIONNET

14, RUE CHAMPIONNET - PARIS 18^e
Tél. ORN. 52-08 - C.C.P. 12.358.30 Paris
Métro : Porte de Clignancourt et Simplon

RETEXKIT

CONSTRUISEZ-LE VOUS-MÊME
KIT POUR RADIO-AMATEURS
KIT D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Demandez notre catalogue
sans engagement de votre part

TERA-LEC 51, RUE DE GERGOVIE
PARIS-14^e - SEG. 09-00

MAGNETIC-FRANCE

SPÉCIALISTE DU "KIT"
PIÈCES DÉTACHÉES POUR :

Tuners, magnétophones, amplis, orgue élec-
tronique, chambre d'échos, réverbérateurs.

- Lampes
- Transistors

SERVICES ET CONSEILS TECHNIQUES
175, RUE DU TEMPLE - PARIS-3^e
ARCHIVES 10-74 Métro : Temple, République

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
Radio-Télévision - Industrie - Télécommande
Châssis Haute Fidélité - Amplis - Tuners FM

RADIO-VOLTAIRE
GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSCO"
GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIOTECHNIQUE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-04
R. C. 5086 171 18475 - Paris - Ligne 828 Paris 101400 - Jours : 10-18-17-18-18 C.P. 84006-711 1805

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation
Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Electrophones - HIFI - Enceintes acoustiques - Émetteurs
récepteurs - Interphones, etc...
Toutes expéditions en province. Catalogue de nos prix sur
simple demande - 19, rue de l'Ancienne Comédie
PARIS 6^e Tél. : DAN. 63-05

POUR TOUS VOS BESOINS EN COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ET ENSEMBLES A MONTER SOI-MÊME

AUX CONDITIONS LES PLUS AVANTAGEUSES GRÂCE A NOTRE FORMULE DE VENTE DIRECTE

Magasins pilotes :

3, RUE LA BOËTIE - PARIS-8^e

9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5^e

COGEREL

DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :
Catalogue KITS - CTR 8-493 - Catalogue PD - CTR 9-492
(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

Départements :
VENTE PAR CORRESPONDANCE
COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

RÉALISEZ VOS
POSTES A TRANSISTORS
LAMPOMETRE
SIGNAL TRACER



CONTROLEUR
UNIVERSEL



Economie
Sécurité
Réussite
assurée

Pièces détachées, en ensembles
complets, ou séparées avec schéma
et plans très détaillés

Documentation CA - contre 1,20 F en timbres

TECHNIQUE SERVICE

17, Passage Gustave-Lepeu, Paris-11 - Tél. : ROQ. 37-71

fermé le lundi
Métro
Choron

CENTRAL-RADIO

35, rue de Rome - PARIS 8^e
522 12-00 et 12-01 CCP 728-45

Expédie dans toute la France toutes
les pièces détachées - Appareils de
mesure et l'outillage du Radio-
électricien.

CATALOGUE contre 4 timbres,
conseillers techniques à votre
disposition à nos magasins.

LE GRAND SPECIALISTE

des Petits Montages Récepteurs de Radio
et de la Radiocommande des Modèles Réduits.
- Ouvrages pour débutants -
Envoi du catalogue général contre 3 F
PERLOR-RADIO
16, R. Hérold, Paris (1^{er}) - Tél. CEN. 65-50

POUR
REUSSIR
A
COUP SUR ?
ESSAYEZ AVEC NOS
SCHEMAS
GRANDEUR
NATURE

MONTAGES FACILES

AMPLIS GUITARE 3 A 50 W
125 SCHÉMAS DE LAMPES
REMISE 25 à 30 %
SUR LAMPES-MAGNÉTOPHONES
Documentation complète c. 4,50 TP

Soc. **RECTA**
37, Av. LEDRU-ROLLIN - PARIS-12^e

NORD RADIO

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES ET
ACCESSOIRES DES MEILLEURES MARQUES
A DES PRIX IMBATTABLES

TÉLÉVISEURS - RÉCEPTEURS à transistors
AMPLIS HI-FI - ELECTROPHONES
MAGNÉTOPHONES - INTERPHONES, etc...
Vendus en "KIT" et en ordre de marche.

139, RUE LA FAYETTE, PARIS-10^e
Tél. TRUdaine 89-44 - Autobus et Métro : GARE DU NORD

TOUS LES MAGNÉTOPHONES
(GRUNDIG, PHILIPS, etc.)
TÉLÉVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES
PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).