

MICROPHONE ELECTROSTATIQUE

515 C

*Microphone électrostatique MELODIUM
Type ESME
utilisé par la Radiodiffusion Française
Année 1928*



Introduction

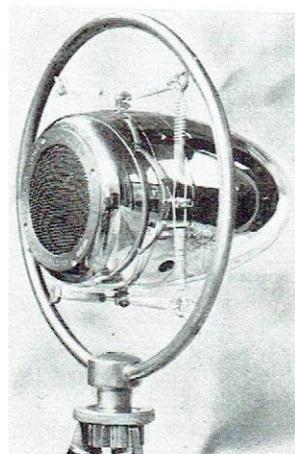
Un microphone est un appareil électroacoustique transformant l'énergie sonore en énergie électrique en respectant ses variations de forme dans le temps. Un élément mobile, mis en mouvement sous l'action des ondes sonores (énergie mécanique) engendre une tension électrique dans un transducteur mécano-électrique approprié.

On connaît de multiples types de microphones dont les plus remarquables font partie de la gamme des fabrications de la Société MELODIUM, spécialisée depuis trente ans dans la production des microphones professionnels de réputation mondiale.

En 1928 déjà, la Société MELODIUM avait réalisé des microphones électrostatiques et il n'est peut-être pas inutile de rappeler la belle carrière que connurent les types ESME dans les studios de la Radiodiffusion française.

Mettant à profit sa longue expérience des problèmes électroacoustiques, les fructueux enseignements d'un remarquable laboratoire de recherche et de contrôle et la valeur technique de ses installations et de son équipement, MELODIUM vient de développer un nouveau microphone du type électrostatique, le MELOSTATIC 515 C, qui se présente comme une des plus belles réussites du marché mondial, capable de rivaliser victorieusement avec les meilleures réalisations étrangères.

*Microphone électrostatique MELODIUM
Type ESME
utilisé par la Radiodiffusion Française
Année 1932*



Directivité, diffraction et sélection des dimensions

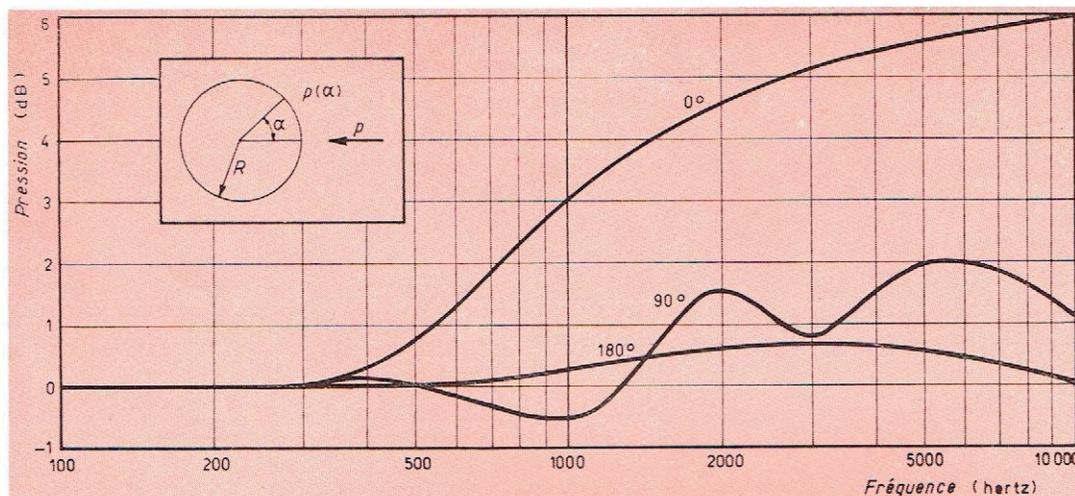
Le nouveau microphone MELOSTATIC 515 C présente des avantages considérables qui permettent de lever toutes les objections qui ont été faites aux microphones électrostatiques.

Généralement, une faible partie seulement des sons émis par une source sonore atteignent directement un microphone, sur lequel agissent, pour la plus grande part, les sons réfléchis par les parois de l'espace environnant qui convergent vers le microphone avec des phases diverses.

Une des caractéristiques essentielles d'un microphone est sa directivité. Pour les microphones à pression, comme le MELOSTATIC 515 C, la directivité résulte des variations de l'angle d'incidence et de l'effet de diffraction et des variations de pression causées par les différences de phase entre les sons directs et réfléchis actionnant le diaphragme. Ces effets dépendent des dimensions physiques du microphone par rapport à la longueur d'onde du son.

Pour tenir compte des perturbations dues à l'espace ambiant, il peut être désirable ou non de rechercher des directions privilégiées pour lesquelles le microphone présentera un maximum d'efficacité. Le microphone MELOSTATIC 515 C est du type non directionnel et possède la même sensibilité pour les ondes sonores issues de toutes les directions de l'espace ambiant.

Graphique 2 - Variations de pression en fonction de l'angle sur une sphère de rayon R.



Un microphone, même s'il est de faible volume comme le MELOSTATIC 515 C, représentant un certain volume, introduit dans le champ sonore une perturbation telle que la pression agissant sur le diaphragme est différente de ce qu'elle sera au même point en l'absence du microphone.

Cet effet est d'autant plus important que les dimensions du microphone sont grandes par rapport à la longueur d'onde sonore et, en conséquence, ne se manifeste que pour les fréquences acoustiques dont la longueur d'onde est du même ordre de grandeur que le diamètre de la capsule.

Plus le microphone sera petit, plus les variations d'incidence seront réduites. L'effet de diffraction peut par conséquent être réduit si le microphone est de petites dimensions.

Pour un microphone présentant en gros la forme d'un cylindre, forme choisie pour le microphone MELOSTATIC 515 C, les effets de diffraction sont tels qu'un son incident de direction perpendiculaire au plan du diaphragme fournit une réponse

croissant approximativement de 6 dB lorsque le rapport du diamètre à la longueur d'onde du son est égal à l'unité. Aux fréquences supérieures on constate une série de variations analogues se reproduisant à intervalles égaux. En conséquence, sur le microphone MELOSTATIC 515 C, le faible diamètre de la capsule permet de rejeter ce phénomène à l'extrémité aiguë de la bande audible.

Pour tous les microphones électrostatiques antérieurs, une réduction de dimensions avait pour résultat un rapport signal/bruit peu avantageux ayant pour effet de réduire les possibilités de dynamique.

Malgré les faibles dimensions du microphone MELOSTATIC 515 C, ce rapport a pu être porté à - 50 dB au-dessus de 1 milliwatt à la sortie du préamplificateur pour un champ sonore de 16 dynes par centimètre carré.

La tension au circuit ouvert est de - 76 dB au-dessous d'une référence de 1 volt/dyne/cm². La courbe de l'ensemble microphone-préamplificateur est représentée sur le graphique 3 ci-dessous :

Trois courbes y sont représentées. Dans la première (A) la source sonore frappe perpendiculairement le diaphragme ; dans la deuxième (B) cette même source parallèle au diaphragme et dans la troisième (C) cette source est située derrière le microphone.

La courbe de réponse est donc la suivante :

intervalle de $\pm 0,5$ dB de 100 à 15.000 hertz

intervalle de ± 1 dB de 40 à 15.000 hertz

Au-dessus de la fréquence de 25.000 hertz, la tension de sortie diminue suivant une caractéristique asymptotique présentant une pente de 12 dB par octave sans perturbation grave de ses caractéristiques descendantes.

C'est là un avantage important, bien que non évident a priori, du microphone MELOSTATIC 515 C qui permet le respect des timbres et des formes transitoires et son emploi pour des usages industriels et de laboratoire dans la partie basse des ultra-sons, la correction de 12 dB par octave au-dessus la résonance étant facile à apporter aux mesures tant qu'on ne tombe pas en dessous du niveau du bruit de fond.

Le coefficient de température est inférieur à 2/100 de dB pour une variation de température de 1° C. Un travail continu dans une atmosphère exceptionnellement humide peut donner un accroissement du bruit de fond en raison de l'augmentation des pertes sur les isolants. Le fonctionnement correct est à nouveau obtenu après dessiccation. La fixation relativement étanche du microphone sur le boîtier amplificateur rend la plupart du temps cette précaution inutile.

Le microphone MELOSTATIC 515 C peut supporter des écarts de pression de 30 dB à 140 dB. Des écarts de pression de 0,0002 microbar peuvent être mesurés avec une précision suffisante.

Graphique 3 - Courbe de l'ensemble capsule-préamplificateur

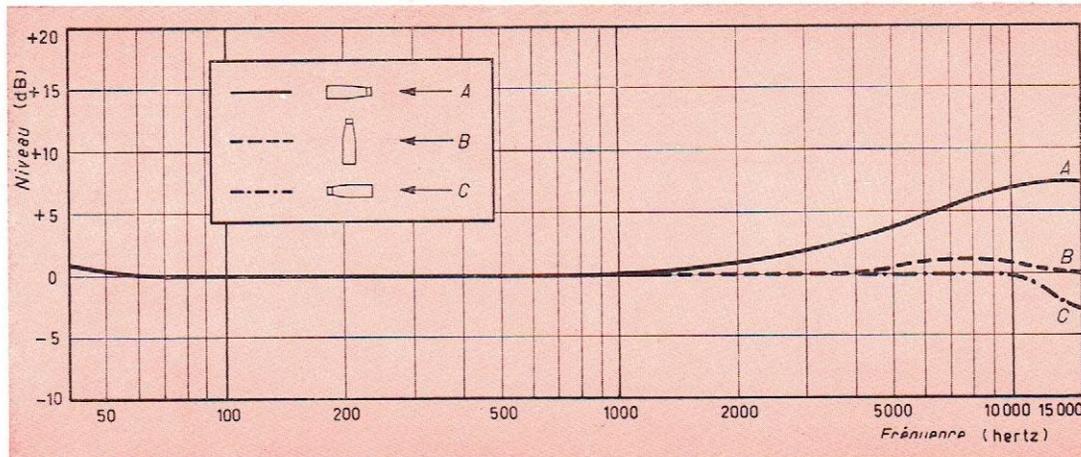




Fig. 2

Le Diaphragme, la Capsule et les Performances

Le fonctionnement du microphone électrostatique est parfait si le déplacement du diaphragme est proportionnel à la pression sonore.

La construction mécanique du microphone MELOSTATIC 515 C conduit à exposer une seule face du diaphragme aux ondes acoustiques ce qui en fait un microphone de pression.

L'obtention d'une large bande de fréquence pour un microphone de ce type exige que l'amplitude du déplacement du diaphragme soit indépendante de la fréquence. Il est bien connu que ceci ne peut être obtenu qu'en reportant la résonance mécanique du diaphragme à une fréquence très élevée au-delà ou, tout au moins, à l'extrémité de la bande audible. En dessous, la réponse du microphone peut être considérée comme linéaire et elle chute au-delà, la raideur du diaphragme devenant trop importante pour qu'il suive les mouvements des ondes sonores.

Il est en effet inévitable que se présente une fréquence de résonance et que la variation de l'amplitude du système vibrant en fonction de la fréquence diffère selon que l'on se trouve en-dessous ou en-dessus de cette fréquence de résonance.

L'obligation de relever la fréquence de résonance conduit à des dimensions si faibles et à une telle raideur du diaphragme que la sensibilité tombe rapidement et que le rapport signal sur bruit de fond peut décroître dangereusement.

Sur le microphone MELOSTATIC 515 C on a pu pallier à ces difficultés et réaliser le meilleur compromis entre ces deux conditions, en conservant des dimensions de diaphragme suffisamment grandes pour une bonne sensibilité et un niveau nettement supérieur à celui du bruit de fond, et suffisamment petites de façon à rendre négligeables les effets de diffraction des fréquences élevées sur la directivité.

C'est la recherche de ce compromis qui a conduit à adopter un diamètre de 15 mm. pour le diaphragme pour un diamètre de 22 mm. de la capsule microphonique.

Les constantes physiques du diaphragme (dimensions, poids, élasticité et la valeur de l'amortissement) du microphone MELOSTATIC 515 C, sont telles que la fréquence de résonance est négligeable et se situe bien au-delà de la fréquence audible.

Une conséquence importante de cette fréquence de résonance élevée est que la distorsion de phase est très faible.

Dans les autres microphones électrostatiques, cette résonance est amortie par le volume d'air emprisonné entre le diaphragme et l'électrode fixe. Mais, si cette dernière est plane et polie, le volume d'air est extrêmement petit et l'amortissement considérable, ce qui relève la fréquence de résonance et apporte un amortissement bien trop important dans le reste de la gamme audible.

Pour accroître la sensibilité du microphone MELOSTATIC 515 C, le volume d'air a été augmenté sans élévation de la distance entre le diaphragme et l'électrode fixe en créant des cavités par fraisage et perçage de l'électrode fixe.

La masse du diaphragme doit être très petite sinon son excessive tension nécessaire à une résonance de fréquence élevée conduirait à une trop grande fragilité et à des risques de déchirement.

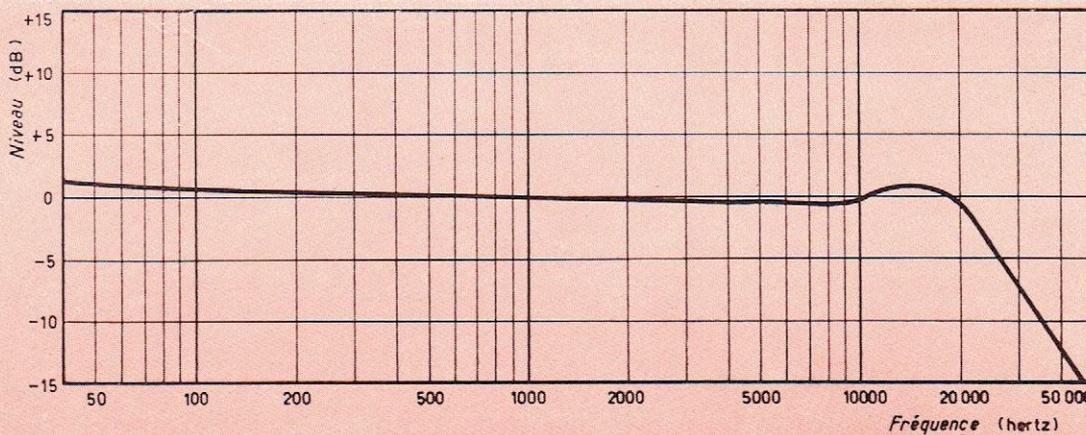
L'amplitude du déplacement du diaphragme due à la surpression acoustique est très faible, de l'ordre de 10^{-11} à 10^{-10} cm. de telle sorte qu'il est possible de réduire l'espace séparant les électrodes sans craindre un contact entre elles.

Comme sur tous les microphones à membrane, la fixation du diaphragme amène des difficultés par la présence d'une cavité cylindrique à l'avant du microphone entre les bords de la couronne de fixation et le diaphragme introduisant des fréquences de résonance.

Sur le microphone MELOSTATIC 515 C, cet effet a été pratiquement évité en réduisant autant que faire se peut l'épaisseur de cette cavité par rapport au diaphragme et par l'emploi d'une grille de sorte que la diffraction reste très faible.

En bref, toutes les difficultés particulières de réalisation ont pu être surmontées sur le microphone MELOSTATIC 515 C par une conception hardie et une réalisation soignée mettant en jeu un outillage de haute précision.

Graphique 4 - Courbe de la capsule relevée au moyen d'une grille électro-statique
Niveau à 1000 Hz. - 47 dB -- Pression 10 Baryes par m² en circuit ouvert. Réf. 1 milliwatt



Caractéristiques du diaphragme

Bande de fréquence = 30 à 15.000 hertz à ± 1 dB.

Niveau de sortie : — 42 dB en dessous de 1 volt par dyne
(cm² avec 400 volts de tension de polarisation).

Impédance : capacitive et approximativement égale à 30 pF.

Tension de polarisation = 400 volts continu maximum parfaitement filtrée.

Dimensions : cylindre de 22 mm. de diamètre et 20 mm. de longueur.

Poids : 15 grammes.

Montage : pour le meilleur rapport signal/bruit, le microphone doit être connecté directement au circuit grille du tube préamplificateur et associé au préamplificateur spécial MELOSTATIC 515 C.

CONNEXION. — La capsule 515 C est spécialement construite pour être montée sur son préamplificateur. Elle comporte une douille femelle s'associant à une broche mâle pour la connexion de grille (électrode fixe). La connexion de diaphragme est faite par le corps mis à la masse du boîtier préamplificateur, par un support fileté.

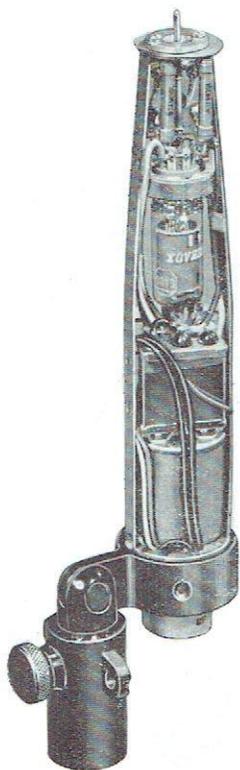


Fig. 3

Le préamplificateur

Le microphone électrostatique MELODIUM 515 C comprend le préamplificateur et la capsule.

Le préamplificateur est monté dans un boîtier à corps cylindrique de 38 mm. de diamètre, à l'extrémité supérieure tronconique, supportant la capsule microphonique amovible dont la fixation se fait simplement par un support fileté.

Le préamplificateur comporte un étage amplificateur équipé d'un tube pentode à faible bruit 6 AU 6, monté sur support élastique. Le circuit plaque est chargé par un transformateur de couplage avec la ligne microphonique de liaison à l'amplificateur.

Le transformateur de sortie est fixé dans un boîtier blindé, en métal à très haute perméabilité, ce qui fait que l'ensemble microphone-préamplificateur plongé dans un champ de 0,6 gauss, prend une induction inférieure à -78 dB en circuit ouvert par rapport au niveau zéro. Cette réalisation permet d'utiliser le microphone MELOSTATIC 515 C dans des installations électriques, mal protégées au point de vue rayonnement.

L'impédance de sortie de l'ensemble est de 50 ohms.

Un cordon spécial, à 5 conducteurs, blindé avec prises mâles 7 broches à chaque extrémité, permet l'alimentation du microphone à l'aide du coffret redresseur ; sa longueur est de 5 mètres.

Caractéristiques du Préamplificateur

Bande de fréquence : (voir graphique 3 page 5) pour la combinaison de la pastille microphonique et du préamplificateur.

Niveau de sortie : approximativement -57 dB avec la capsule 515 C pour une intensité sonore de 1 dyne/cm².

Rapport signal/bruit : approximativement -76 dB pour un niveau de sortie de -34 dB pour la bande de 0 à 15.000 hertz.

Distorsion : inférieure à 0,2 % de 80 à 15.000 hertz.
0,95 % de 35 à 15.000 hertz.

Impédance de sortie : 50 ohms.

Alimentation : par redresseur spécial MELODIUM.

Filament : 6,3 V, 0,3 A, courant continu.

Haute tension : 265 V, 2,1 mA, courant continu.

Dimension : approximativement un cylindre de 210 mm. de longueur et 38 mm. de diamètre (fixation non comprise).

Poids total : 410 grammes (avec fixation).

Connexion extérieure : fiche femelle 7 broches.

Fixation : Par support, articulé, avec canon de fixation de 21 mm. de diamètre intérieur, taraudé au pas de 12×175 mm., et oreilles de suspension.

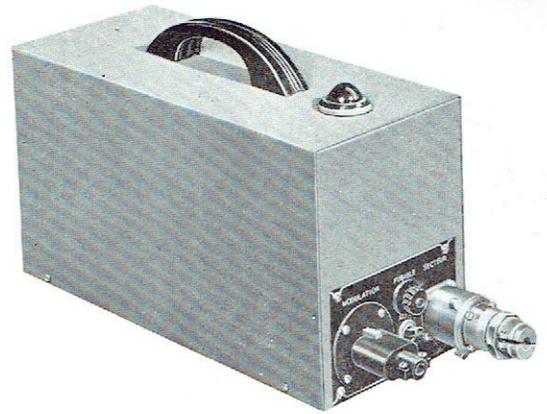


Fig. 4

Alimentation

L'alimentation du microphone est fournie par un coffret enfermant les redresseurs d'alimentation en continu du filament du tube préamplificateur et la haute tension. L'alimentation secteur peut se faire par des tensions de 110 et 220 volts, la commutation se faisant à l'intérieur du coffret sur une plaquette de raccordement à l'aide de cavaliers.

Le transformateur délivre les tensions alternatives, redressées ensuite par redresseurs au sélénium en pont et filtrées par trois cellules à résistances et capacités et constituant les sources haute et basse tensions en continu.

Le réglage est accessible à l'intérieur du coffret.

Sur le circuit basse tension, une résistance bobinée à deux curseurs permet d'ajuster la tension redressée à 6,3 volts aux bornes du filament.

Cet ensemble est enfermé dans un coffret parallélépipédique à couvercle amovible, de 285 mm. de longueur, 170 mm. de largeur et 125 mm. de hauteur, émaillé en gris vermiculé. Une poignée est prévue pour les déplacements.

Un voyant lumineux visible sur le dessus du coffret permet de s'assurer de la mise sous tension de l'alimentation.

A l'une des extrémités de ce coffret un socle de prise 7 broches est prévu pour le cordon d'alimentation du microphone.

A l'extrémité opposée, un cordon blindé à deux conducteurs muni d'une prise à verrouillage à 3 broches, MELODIUM permet le départ de la modulation.

A côté on trouve la prise de raccordement au secteur, le bouchon fusible à cartouche amovible de 0,5 A et l'interrupteur de mise en marche.

Caractéristiques

Alimentation : secteur 110 ou 220 V, 50 Hz.

Tensions délivrées : 6,5 V, 0,3 A, continu, ajustable ; 265 V, 2,1 mA, continu.

Dimensions : Longueur, 285 mm. ; Largeur, 170 mm. ; Hauteur, 125 mm.

Poids : 4 kilos 225 grammes.

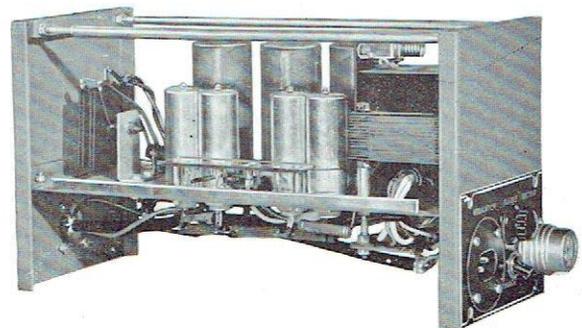


Fig. 5

Emploi du microphone Mélostatic 515 C

1^o A la prise de son

Des questions de disposition et, aussi, de profondeur de champ, de directivité et de dynamique tolérable, constituant la plupart des problèmes pratiques posés à l'utilisateur des microphones pour la prise de son moderne ont poussé au développement de microphones de plus en plus compacts et présentant des caractéristiques électroacoustiques appropriées.

En particulier, la prise de son de l'orchestre ne s'accommode pas toujours de la pluralité des microphones. La télévision nécessite souvent une mise au point rapide autant qu'improvisée de la prise de son, faite sur le vif, dans le mouvement relatif, et sans que le microphone vienne dans le champ.

La haute qualité des moyens de radiodiffusion sonore actuels, modulation de fréquence et son télévision, de l'enregistrement magnétique ou sur disques, du cinéma sonore, exige l'emploi de microphones de plus en plus fidèles et dont la caractéristique de fréquence ne subit pas de variation suivant la distance de la source sonore.

Le microphone MELOSTATIC 515 C, par ses caractéristiques électroacoustiques exceptionnelles, par la réduction de ses dimensions et sa forme nouvelle, en répondant à ces conditions, devient l'auxiliaire indispensable, non seulement de l'ingénieur du son, mais, aussi, du sonorisateur et de l'amateur d'enregistrement sonore avertis et soucieux de haute fidélité.



Fig. 6

2^o Au laboratoire

Pour certaines mesures les petites dimensions du microphone constituent un important avantage en permettant de l'assimiler à un capteur ponctuel n'apportant pas de perturbations du champ sonore dans lequel il est placé.

La distorsion de phase est négligeable en raison des petites dimensions et de la raideur du diaphragme.

La proximité du diaphragme et de la grille de protection a pu permettre de rendre insignifiante la résonance de cavité due à la présence inévitable d'une cavité cylindrique devant le diaphragme.

Ces qualités jointes à la possibilité de travailler correctement malgré de grandes variations de température et d'humidité et de permettre, dans ces conditions, des mesures correctes d'intensité sonore, font du microphone MELOSTATIC 515 C un appareil de laboratoire de haute précision.

Cette précision pourra être mise à profit pour des mesures sur les autres appareils électroacoustiques, reproducteurs ou capteurs, récepteurs, haut-parleurs, microphones, etc.

Dans l'industrie

Le microphone MELOSTATIC 515 C sera tout indiqué chaque fois qu'il sera nécessaire de recueillir la totalité de la bande des fréquences audibles, la courbe de fréquence étant parfaitement connue et les corrections de mesure faciles.

La possibilité d'étalonner ce microphone en valeur absolue en fait un instrument qui trouvera sa place dans tous les laboratoires de recherches.

Tout phénomène vibratoire générateur d'ondes sonores pourra être traduit électriquement et donner une trace facilement observable.

Citons parmi quelques applications possibles : les études de bruits, d'isolation sonore, la recherche des fréquences de résonance de systèmes mécaniques en mouvement (moteurs, machines, cellules d'avion, carrosseries automobiles, etc...), la traduction en grandeur électrique et l'enregistrement par l'oscilloscope et le film pour la recherche des fonctions périodiques dans un signal sonore complexe et bien d'autres applications s'étendant même dans les domaines de l'ultra-son si l'on veut bien tenir compte de la caractéristique décroissante de 12 dB par octave au-dessus du spectre audible.

MELODIUM
S.A.R.L
296 RUE LECOURBE
PARIS
XV^E