

2h-3 76
P88-1
Matlabo

Siège social

«Les Hautes Vallées»
Route de Montivilliers

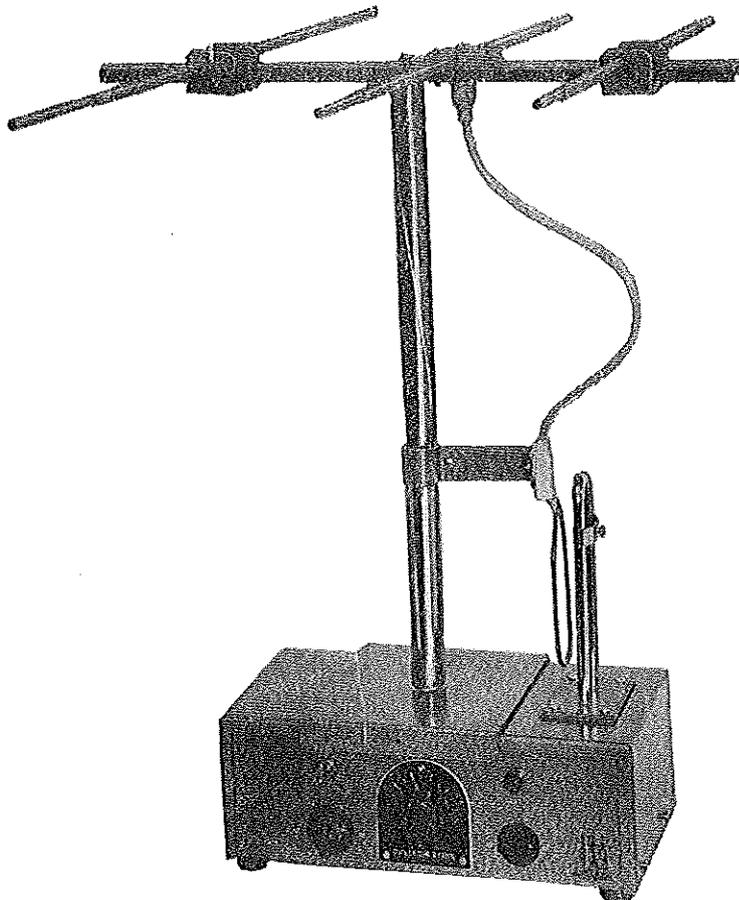
76930 OCTEVILLE SUR MER

Adresse postale : N° 7020 X 76080 Le Havre cedex

téléphone (35) 46 24 68 Télec 19 523 F

OSCILLATEUR V.H.F. REF. 741
A DOUBLE BANDE DE FREQUENCE

(150 - 300 MHz, 5 - 10 MHz)



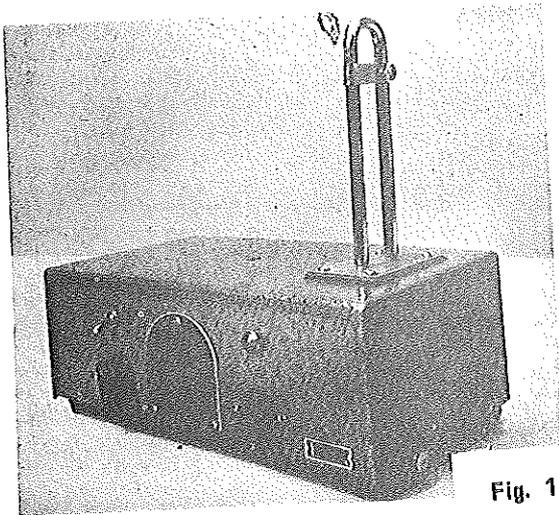


Fig. 1

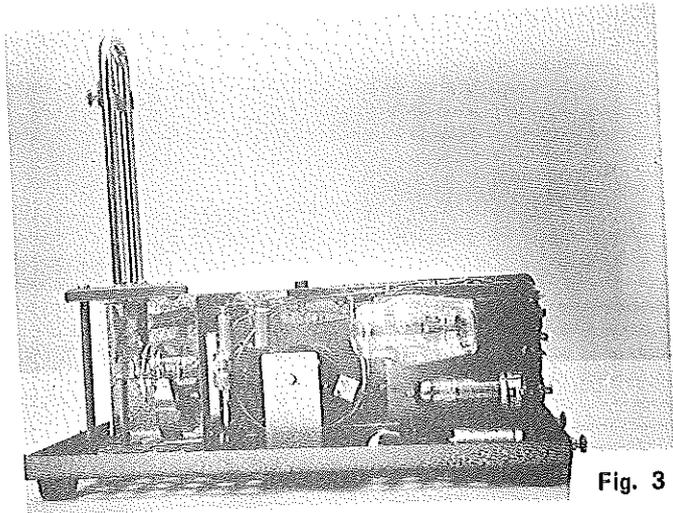
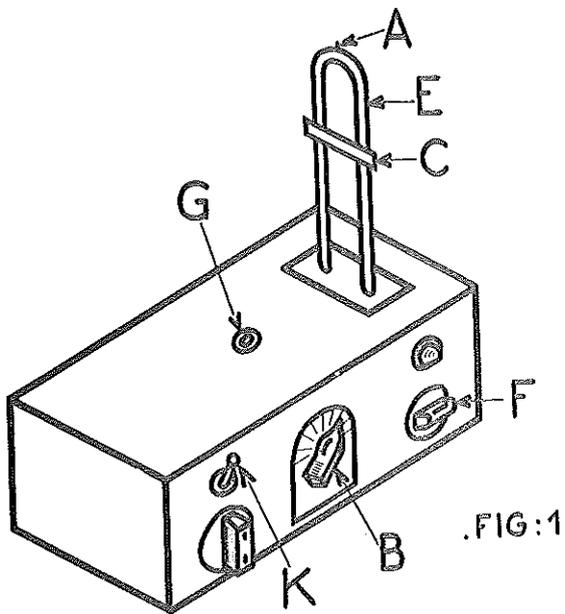


Fig. 3



.FIG:1

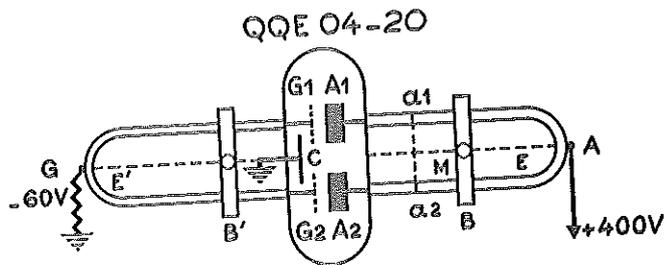


FIG:2

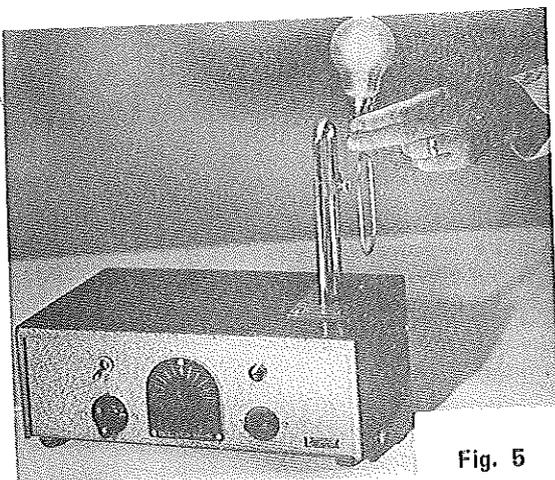


Fig. 5

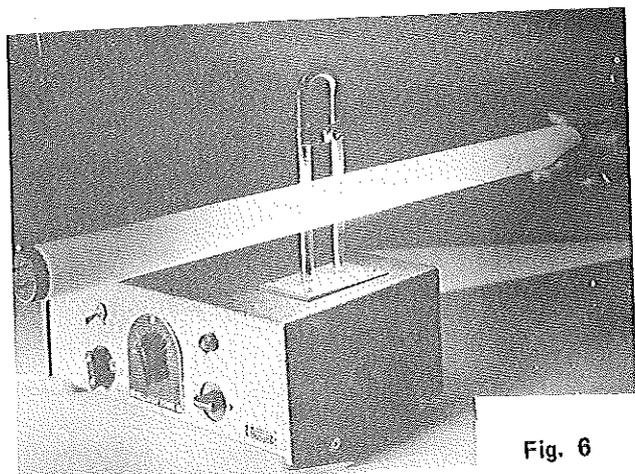


Fig. 6

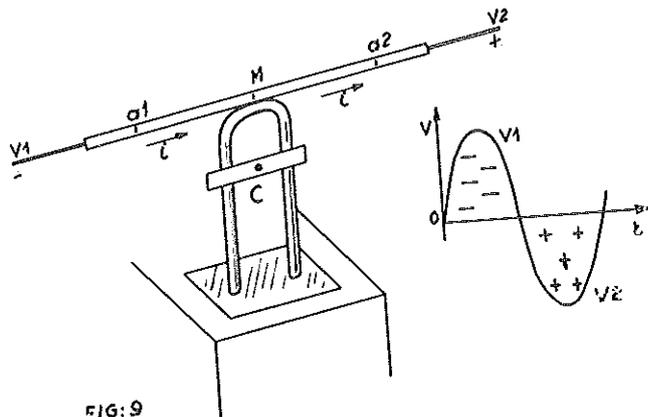


FIG: 9

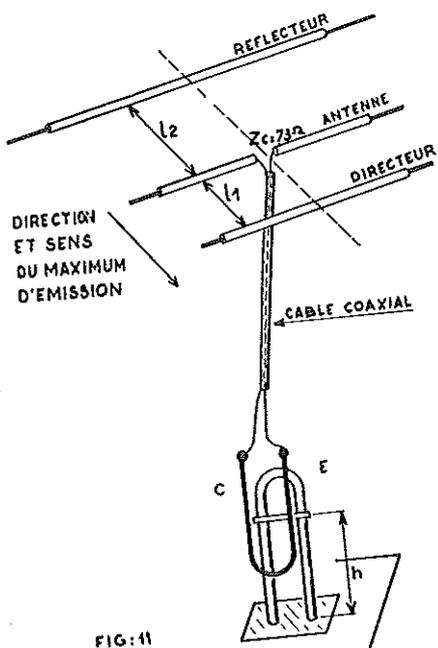


FIG: 11

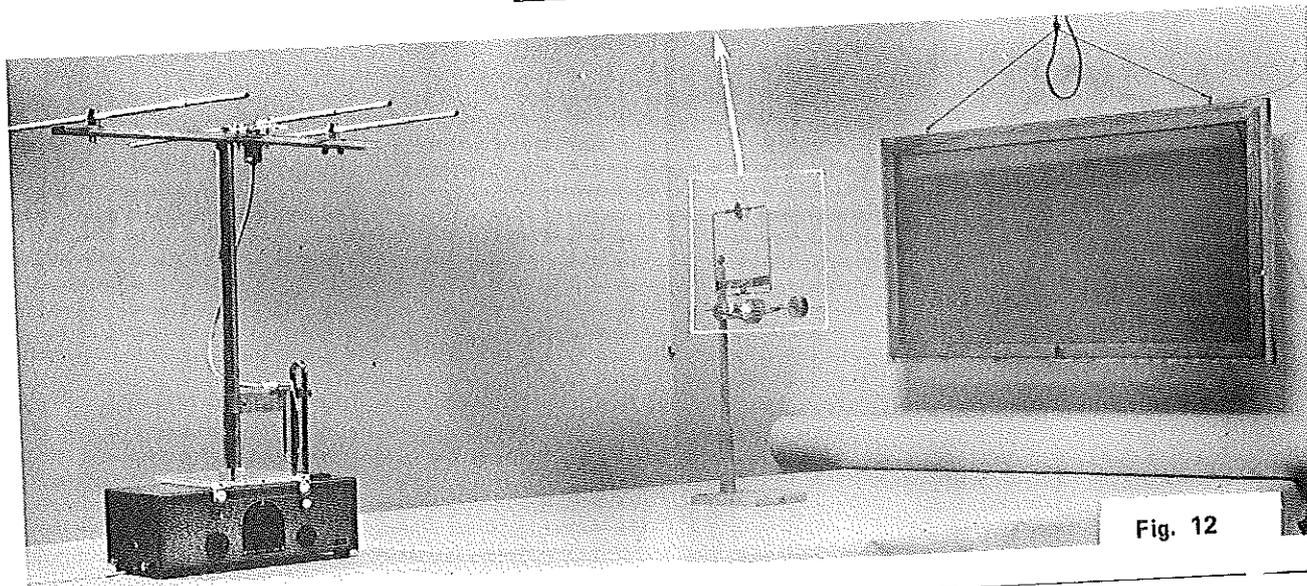
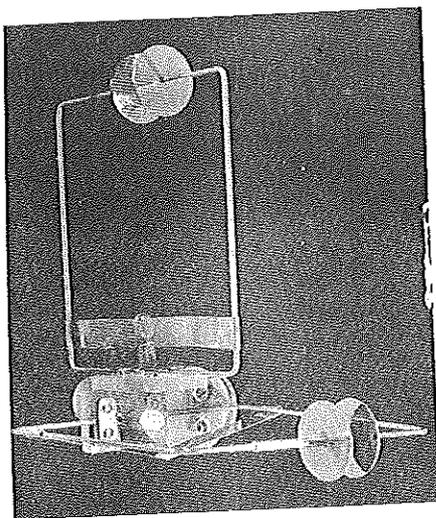


Fig. 12

CARACTERISTIQUES GENERALES

Puissance H.F. de 10 à 25 W selon longueur d'onde

Fréquence V.H.F. réglable d'une façon continue de 150 à 300 MHz.

Alimentation haute tension : 400 V continu.

Circuit émetteur amovible, d'une absolue sécurité pour l'expérimentateur.

L'oscillateur réf. 741 (fig. 1) utilise comme générateur de courant à très haute fréquence (dits courants V.H.F. «very high frequency») une tétrode double «PHILIPS» QQE 04 - 20.

Ce tube équivaut à deux triodes montées dans la même ampoule avec une cathode commune mais dont les capacités grille-plaque sont réduites par l'insertion, entre ces électrodes, d'une seconde grille dite «écran» portée à un potentiel positif d'environ 200 volts, nettement inférieur à la tension anodique.

Sur ondes métriques, (fréquences de 150 à 300 MHz), les circuits de plaque et de grille ont leur inductance réduite à une seule boucle en forme de U dont les extrémités sont directement reliées aux plaques (circuit anodique tubulaire E, extérieur au châssis) ou aux grilles (circuit grille intérieur, en gros fil E'), les capacités se réduisent aux seules capacités interélectrodes, de l'ordre du picofarad. La tétrode oscille spontanément dès que les inductances grille et plaque sont voisines de la résonance ; ces inductances se règlent tout de suite par la manœuvre d'un court-circuit mobile, celui de plaque (C) est directement accessible, celui de grille est commandé par un bouton latéral (B).

Le schéma (fig. 2), très simplifié, montre la disposition relative des circuits.

En régime oscillatoire, les potentiels HF des anodes A1 et A2 sont en opposition de phase et il en est de même pour des points tels que a1 et a2 symétriques par rapport à l'axe symbolique AG.

L'amplitude de la tension HF est maximum sur les plaques, c'est-à-dire, pratiquement au niveau de la tablette isolante servant de support à la boucle émettrice, elle diminue à mesure que l'on s'approche du sommet A de la boucle ou du point milieu M du court-circuit de réglage où elle est nulle.

La même disposition s'applique aux circuits de grille dont l'amplitude HF, maximum en G1 G2 s'annule au point G.

Si l'on prend la cathode comme zéro des potentiels fixes, A est à 400 V, et G à - 60 V, ces nombres étant des valeurs moyennes.

Les deux circuits — et en particulier le circuit anodique émetteur — suggèrent au point de vue mécanique la comparaison avec un diapason dont ils rappellent la forme.

Il n'est pas nécessaire de relier effectivement le point A au + de la haute tension, un dispositif d'alimentation des anodes à travers de petites selfs d'arrêt HF permet la suppression matérielle de A, ce qui simplifie le montage tout en conservant son efficacité. La sécurité est totale pour l'expérimentateur : le châssis et la boucle émettrice sont au même potentiel moyen, celui du «sol», (ou «à la masse»), la cathode à -400 V et la grille à - 460 par rapport au châssis. La figure 3 montre la disposition réelle des organes.

On aperçoit la tétrode émettrice, les selfs d'arrêt V.H.F., le circuit grille et son curseur, le transformateur d'alimentation, la valve redresseuse, et la petite pentode de sécurité bloquant automatiquement le courant anodique à une faible valeur (50 à 60 mA) en régime de non-oscillation.

Sur ondes décamétriques, les deux triodes en opposition de phase du montage précédent fonctionnent comme une triode unique. Les boucles grille et plaque qui oscillaient en V.H.F. ont alors une inductance négligeable par rapport à celle du solénoïde L, accordé par le condensateur variable C, et jouent le rôle de simples conducteurs alimentant en parallèle les grilles ou les plaques. La figure 4 correspond à ce montage.

EXPERIENCES

L'oscillateur V.H.F. réf. 741 a été étudié pour les classes terminales du second degré et, d'une façon générale pour les parties du programme d'enseignement relatives aux courants de haute fréquence, aux oscillations électriques, au principe de la télégraphie sans fil. Sa grande souplesse de réglage permet de réaliser chaque expérience dans les conditions optima.

INDUCTION SUR UN CIRCUIT OUVERT - PRINCIPE DE L'ANTENNE DIPOLE

Le circuit émetteur E (fig. 1) rayonne peu car ses extrémités sont très voisines, les courants de sens opposés qui parcourent chacune des branches donnent des champs pratiquement opposés dès qu'on s'éloigne de l'émetteur à une distance de l'ordre du mètre, l'effet résultant est négligeable, si l'on approche de E le dipôle à ampoule d, la petite source lumineuse s'éteint au voisinage immédiat de E.

Il n'en est plus de même si E agit par induction sur une antenne rectiligne D, comportant des éléments de réglage coulissables et disposés horizontalement, soit au sommet de la boucle émettrice, soit au niveau du curseur C, à une distance de l'ordre du cm (fig. 9), deux points a1 et a2 symétriques par rapport au milieu de M de l'antenne sont parcourus par des courants i de même sens dont les effets à distance s'ajoutent au lieu de se retrancher. Si D est réglé sur la demi-longueur d'onde mesurée au Lécher, un système stationnaire s'y établit, donnant un ventre de courant en M et deux nœuds de courant imposés aux extrémités, simultanément un nœud de potentiel se créera en M, avec deux ventres de potentiel aux extrémités, mis facilement en évidence par un tube néon approché d'elles. Les tensions en V1 et V2 étant de signes contraires et toujours égales en amplitude résultent d'un transfert d'électrons de V2 en V1, à un instant donné, V1 reçoit en supplément les électrons ex-traits de V2 en nombre égal, ce qui donne pendant une demi-période des potentiels opposés en V1 et V2, correspondant à des charges égales et de signes contraires, c'est pourquoi le conducteur rectiligne D s'appelle un dipôle.

Le dipôle D est analogue à un tuyau sonore ouvert fonctionnant sur le son fondamental, les ventres d'amplitude correspondant aux ventres de potentiel, et les nœuds (ventres de dilatation) aux ventres de courant. On peut le considérer comme la limite de l'évolution d'un circuit analogue à E dont les branches se seraient écartées jusqu'à être dans le prolongement l'une de l'autre.

Le dipôle D rayonnera son énergie électro-magnétique sous la forme d'un onde approximativement plane à quelques mètres de l'émetteur, le champ électrique E étant parallèle à D, le champ magnétique H lui étant perpendiculaire, le rayonnement hertzien sera donc polarisé, comme la lumière issue d'un nicol ou d'un polaroid (fig. 10).

Cette énergie se décroîtra par l'éclairement de la petite ampoule de d, qui restera allumée à plusieurs mètres de D, dont l'émission sera considérablement renforcée par l'écran en tôle d'aluminium placé comme réflecteur à une vingtaine de cm en arrière de D, ou par un dipôle coulissable d'identique à D, mais accordée sur une longueur d'onde plus grande (d'environ 10 à 20 %).

D'un grand intérêt pédagogique, ce montage réalise de la manière la plus directe la liaison émetteur-antenne. Si l'on remarque qu'il utilise des longueurs d'onde englobant celles de la télévision française courante, il peut être intéressant de lui substituer le montage-type d'une antenne V.H.F., d'un rendement supérieur et d'une incontestable actualité.

ALIMENTATION A DISTANCE D'UNE ANTENNE DEMI-ONDE

ROLE DES ELEMENTS DIRECTIFS

Les antennes d'émission V.H.F. pour des raisons évidentes de hauteur ou de dégagement ne peuvent être excitées directement sur le circuit émetteur comme l'est le dipôle D.

On utilise alors «une ligne de transmission», celle-ci doit satisfaire à la double condition de créer le minimum de pertes (rayonnement diélectrique) et de ne pas donner lieu à la formation d'ondes stationnaires, il faut pour cela que son «impédance caractéristique» (1) soit égale à la résistance de rayonnement de l'antenne, résistance égale à celle qui absorberait par effet Joule la même énergie que l'antenne. Le courant de haute fréquence circule alors dans cette ligne comme une onde progressive, analogue à celle que fournirait un diapason entretenu sur une corde de longueur infinie.

(1) L'impédance caractéristique d'une ligne de transmission s'exprime par la relation :

$$Z_c = \sqrt{L/C}$$

(Z ohms, L henrys, C farads)

L et C étant respectivement l'inductance et la capacité inter-conducteurs, de la ligne pour une même longueur, d'ailleurs quelconque. Dans le cas d'une ligne coaxiale comportant un diélectrique de constante k remplissant l'intervalle entre les conducteurs et si les rayons utiles de ces derniers sont R et r

$$Z_c = \frac{1}{\sqrt{k}} 138 \log R/r$$

ce qui conditionne la loi de Malus. On cherchera à quelle approximation le rapport $V/\cos u$ pourra être considéré comme constant.

Il convient de remarquer que la polarisation est très légèrement elliptique, ceci à cause des réflexions multiples sur les murs. En espace libre, elle serait bien plus rectiligne.

ONDES STATIONNAIRES DANS L'ESPACE - EXPERIENCE DE HERTZ

Lorsque pour montrer à distance la propagation de l'onde électro-magnétique, on déplace en avant de D et parallèlement à lui le dipôle d, l'éclat de l'ampoule diminue quand la distance augmente, mais subit généralement des fluctuations dues à des réflexions partielles sur les murs de la salle, plus ou moins conducteurs, ainsi que sur le sol et sur le plafond, il en résulte un système d'interférences tridimensionnel donnant assez souvent un effet d'ondes stationnaires à périodicité spatiale bien nette.

Si deux salles mitoyennes (ou une salle et un couloir) sont séparés par un mur ou une cloison sans armature métallique, les ondes traversent le matériau solide et peuvent allumer l'ampoule de d à plusieurs mètres de l'antenne. Si l'on substitue à l'ampoule, le détecteur germanium employé plus haut, on peut aller beaucoup plus loin que ne le permettent les dimensions d'une salle de cours. Il faut bien entendu utiliser le réflecteur en tôle d'aluminium si l'on emploie le dipôle simple, ou encore l'antenne T.V.

EXPERIENCE FONDAMENTALE DE HERTZ

Cette expérience, d'un grand intérêt historique et pédagogique utilisait initialement un dipôle à étincelle médiane alimenté par une bobine d'induction, une grande plaque métallique réfléchissante et un résonateur circulaire à coupure dont la partie étincelle traduisait la présence des maxima de champs dus à un système d'ondes stationnaires.

Un résonateur carré genre Blondot adapté à l'oscillateur permettra de répéter aisément l'expérience classique de Hertz (fig. 10). Il comporte des éléments linéaires dont le périmètre est un peu inférieur à la demi-longueur d'onde à cause de la capacité réalisée par deux plateaux formant condensateur dont l'un, mobile, est ajustable, une lame-glissière de faible impédance réduit au minimum la résistance ohmique du circuit, tandis qu'une petite ampoule centrale rend visibles les fluctuations du courant, bien que montée en parallèle cette ampoule est aussi sensible que celle de d (où elle est montée en série) car elle bénéficie de l'effet de résonance très accusé qu'il est nécessaire de réaliser ici.

On opérera de la façon suivante :

- a) disposer face à face :
 - d'une part l'oscillateur muni de son antenne (directe avec réflecteur ou T.V.)
 - d'autre part, l'écran en tamis métallique, son grand axe, parallèle aux éléments émetteurs, étant à la même hauteur qu'eux. La distance antenne centrale - écran n'est pas critique, elle pourra être comprise entre 1,5 et 2 m.

- b) fixer le résonateur à un support, son plan vertical, parallèle aux éléments émetteurs, à une distance d'environ 1 m de l'antenne centrale, agir par retouches sur le réglage de l'intervalle inter-plateaux jusqu'à obtenir la plus grande luminosité de l'ampoule.

- c) cela fait, on déplace le résonateur entre l'antenne et le réflecteur, en maintenant son plan parallèle à celui de l'émetteur (sensibilité au champ électrique normal aux plateaux et y induisant des charges), le déplacement fait apparaître les nœuds et les ventres du champ électrique, les minima étant très faibles, sinon nuis au voisinage de l'écran (on peut d'ailleurs les affaiblir à volonté en diminuant le couplage entre l'antenne et l'émetteur). Noter la position des minima et des maxima (fig. 13).

- d) recommencer en maintenant cette fois le résonateur horizontal, les plateaux parallèles à l'antenne sensible ici au champ magnétique, l'ampoule subira des fluctuations de luminosité en quadrature avec les précedentes (fig 12) on doit pouvoir trouver deux positions nodales pour chacun des champs, près de l'antenne l'onde incidente est prépondérante : le système stationnaire disparaît. L'emploi d'un double résonateur à circuits séparément accordés comme indiqué plus haut augmente l'intérêt de l'expérience par la simultanéité des contrastes, lié à un support rigide mais mobile, à position éventuellement repérable devant un règle graduée il permet des réglages très faciles en laissant à l'opérateur toute facilité de manœuvre.

ONDES STATIONNAIRES DANS L'EAU

Aux très hautes fréquences, l'eau peut être considérée comme un diélectrique dont la constante est de l'ordre de 80. Pour une fréquence donnée, la longueur d'onde dans l'eau est en gros le 1/10 de ce qu'elle est dans l'air.

On pourra par exemple :

- sur ondes métriques :

Remplacer le fusible F (fig. 1) par une clé de Morse ou par tout autre interrupteur à commande rapide, les signaux traduits par l'ampoule ou — après détection — par le galvanomètre pourront être codifiés en Morse, par exemple.

- sur ondes décimétriques :

Munir P et S d'une antenne formée de un ou deux mètres de fils et reliée au circuit par un petit condensateur de 200 à 500 pF (fig. 18).

Les signaux reçus par S et détectés par le germanium pourront être reçus soit dans un téléphone, soit sur une prise pick-up d'appareil de radio, soit encore à l'entrée d'un amplificateur basse fréquence, comme le courant anodique n'est que partiellement filtré (cela est voulu) la composante alternative résiduelle à 100 périodes par seconde se fera entendre (le même montage est d'ailleurs utilisable sur ondes métriques).

Si l'on désire une portée plus grande, ne pas munir S de la plaquette de détection, mais réunir directement l'une des bornes du circuit à la prise d'antenne d'un appareil de radio quelconque (un petit poste à transistors convient parfaitement).

L'onde décimétrique amplifiée en haute fréquence par l'appareil se fera entendre par sa modulation-secteur sur la gamme «ondes courtes» du récepteur.

Il faut toutefois prendre garde que la zone de réception peut dépasser largement les limites de la salle de cours. Les récepteurs du voisinage peuvent capter l'émission et être gênés par elle. La démonstration devra être brève.



P88.1



Achetez

recepteur 045.673
1/2 ampère 041.173
Unilab 141.175

9,4 GHz
Plaque 2 x 041.171
4 x 041.172

Supports 141.172 (??)
xl
141.171

APPAREIL À ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE 3cm.

Nos. DE LISTE 004.571, 045.671, 042.871, 045.673 etc.

États de France : 141.173 / A
B
C

DÉSCRIPTION GÉNÉRALE

L'ÉMETTEUR 044.571 comporte un klystron réflexe réglé pour produire une longueur d'onde de 3,2 cm à une puissance de l'ordre de 25mW.

LE BLOC D'ALIMENTATION 042.871 est fourni normalement pour une utilisation sur secteur de 220/240V, 50 Hz, et assure les tensions chauffage, résonateur (+300V) et réflecteur (variable - 150/250V environ) pour l'émetteur. Ces éléments sont reliés entre eux par une fiche à voie multiple et un câble.

On obtient la modulation de l'onde de 3,2 cm. à 100 Hz ou environ 1kHz en amenant l'interrupteur "int mod" à la position de réglage appropriée. La position "off" (arrêt) déconnecte la modulation intérieure et assure l'obtention d'une sortie constante à partir de l'émetteur, qui est mieux approprié lorsque les indicateurs de l'appareil de mesure sont utilisés conjointement avec le récepteur ou le détecteur-sonde.

Un modulateur extérieur peut être connecté au réflecteur de klystron par l'intermédiaire des douilles "ext mod" reliées normalement lorsque la douille "r" constitue le côté allant directement au réflecteur de klystron. Tout modulateur extérieur doit assurer une voie, C.C. d'une impédance non supérieure à 5K ohms environ, l'interrupteur "int mod" étant en position "off" (arrêt).

La commande "adjust for klystron" (réglage destiné au klystron) fait varier le potentiel du réflecteur de klystron; elle doit être réglée soigneusement jusqu'en un point où l'oscillation se produit. Ces positions de "résonance" peuvent être au nombre de deux ou davantage et c'est celle que l'on peut obtenir en tournant le plus loin possible vers la droite qui assure la sortie la plus grande à partir de l'émetteur.

LE RÉCEPTEUR 045.671 comporte une diode micro-onde au silicium montée dans une cavité résonante à travers le guide d'onde; le signal redressé est indiqué directement sur un ampèremètre à cadre mobile incorporé (100µA). Ce dernier peut être utilisé pour d'autres travaux; c'est ainsi qu'on peut l'utiliser avec le récepteur du type sonde 045.673 en élevant la barrette blanche de panneau et en connectant une des douilles isolées de 4 mm.

LE RÉCEPTEUR SONDE 045.673 d'un autre type utilise la même diode au silicium et la même cavité résonante que le récepteur à cornet 045.671 mais sans l'ensemble cornet et guide d'onde, le signal redressé est réduit par un facteur de dix environ. Cependant, son champ de réception de 360° rend le récepteur du type sonde plus approprié à de nombreuses expériences d'interférence. Le récepteur sonde peut être connecté directement à un appareil de mesure de 50µA ou 100µA (comme pour le récepteur 045.671) ou si l'appareil de démonstration de 1mA, 230 mm, Unilab 081.115 est disponible, on peut faire fonctionner ce dernier en utilisant L'EXPANSEUR D'APPAREIL DE MESURE 083.611 fonctionnant sur batterie.

Une autre méthode très efficace consiste à relier L'AMPLIFICATEUR UNIVERSEL 042.841 au récepteur à sonde ou à cornet et à exciter tout type d'appareil de démonstration C.C. à partir des douilles de sortie à faible impédance avec une diode OA 91 ou analogue en

Il est également souvent commode de moduler l'onde de 3,2 cm. et d'utiliser un haut-parleur et un amplificateur basse fréquence pour indiquer les points de maximum et de minimum à mesure que les formes d'ondes viennent en phase ou sont déphasées. Voir la note relative à l'alimentation: position du commutateur "int mod", et vérifier la commande "adjust for klystron".

Les ensembles amplificateur/haut-parleur appropriés sont l'Unilab 053.842, 300mW, type TRANSISTOR et 042.841, 3,6W, type universel, comportant tous les deux des cordons d'entrée blindés se raccordant directement aux récepteurs du type à cornet, ou sonde.

MISE EN OEUVRE

Dans l'émetteur et le récepteur à cornet, le champ électrique est disposé à travers la petite dimension du guide d'ondes et est vertical lorsque les instruments se trouvent eux-mêmes dans une position verticale. Dans le récepteur sonde, le champ électrique est également vertical ou bien aligné à la grande dimension de la cavité résonante.

Ce matériel doit être utilisé sur une surface non métallique; la présence d'objets métalliques à proximité peut nuire notablement à son fonctionnement.

Certains utilisateurs jugent utile de recouvrir la surface de travail d'une feuille de papier blanc ou de carton, dont les dimensions sont de l'ordre de 1m x 1m, sur lequel on inscrira ultérieurement les positions optimales de l'émetteur, des récepteurs, des réflecteurs etc, au cours des diverses expériences et, dans certains cas, on tracera à l'aide d'un grand compas les diagrammes d'ondes effectifs après détermination expérimentale de l'espace libre $\lambda/2$.

On peut encore monter les ensembles du type cornet dans de gros supports de cornue situés à une bonne distance au-dessus du sommet du banc, en utilisant à cet effet les poignées plastiques vissables prévues.

Lorsque le signal reçu est trop grand pour le moteur d'un récepteur à cornet, amener le commutateur "int mod" du bloc d'alimentation à 100 Hz et utiliser l'un des réglages les plus extrêmes vers la gauche de la commande "adjust for klystron". Selon une autre possibilité, on peut remplacer la barrette de panneau blanc du panneau avant par une petite résistance de 5 à 10K ohms.

EXPÉRIENCES

POLARISATION

La rotation de 90° l'un par rapport à l'autre du champ électrique de l'émetteur ou du récepteur donnera une indication nulle sur le récepteur, ce qui met en évidence l'existence de la polarisation. On peut obtenir une autre preuve au moyen de la grille indicatrice de polarisation 041.174. L'émetteur et le récepteur étant en position verticale la presque totalité de l'énergie est absorbée. Placées sous un angle droit au champ électrique, les tiges de la grille seront traversées par peu de courant ou bien même aucun

ROTATION DU PLAN DE POLARISATION

Disposer l'émetteur et le récepteur sur les supports de cornue au-dessus du banc, leurs champs électriques étant à 90° , c'est-à-dire au signal zéro. L'introduction de la grille entre l'émetteur et le récepteur, les tiges de celle-ci étant à 45° , produira un composant en rotation.

ANALOGIE AVEC L'ACTIVITÉ OPTIQUE

Utiliser la même disposition que ci-dessus, de préférence avec le récepteur en position verticale, de façon que son appareil de mesure soit visible. L'introduction entre l'émetteur et le récepteur d'une certaine quantité de petit fil de cuivre hélicoïdal, à spires levogyres et dextrogyres, produira une rotation vers la gauche ou vers la droite du plan de polarisation comme dans des cristaux de quartz. Les spires peuvent être suspendues de façon régulière comme en 141.174 ou de façon aléatoire par utilisation de spires séparées 141.176, suspendues chacune dans une sphère de polystyrène expansé d'un diamètre de 2 à 3 cm. Des spires au nombre de 120 dans l'une ou l'autre forme produiront une rotation de l'ordre de 10° . Il est alors utile de réaliser une "table" en feuille de polystyrène expansé pour supporter les sphères dans une boîte en carton ou un sac en matière plastique ou autre agencement.

Voir Foxcroft & Crumpler, School Science Review, Novembre 1966.

RÉFLEXION ET PÉNÉTRATION

L'introduction de divers matériaux directement entre l'émetteur et le récepteur indiquera le degré de pénétration, et l'orientation d'un signal de l'émetteur vers une surface réfléchissante qui le renvoie au récepteur, indiquera les propriétés réfléchissantes. On constatera que par exemple, le verre, le plexiglas, les parreaux agglomérés, etc. sont réfléchissants tout en permettant la pénétration, et peuvent donc être considérés comme miroirs "semi-argentés" à ces longueurs d'onde.

MESURE DE $\lambda/2$

Méthode 1

Placer verticalement le récepteur sonde à environ 75 cm devant le cornet de l'émetteur. Indiquer les signaux reçus en connectant un ensemble amplificateur BF/Haut-Parleur 053.842 ou 042.841 et moduler l'émetteur, ou bien, pour obtenir une indication plus précise, brancher un appareil de mesure plus sensible et décommuter la modulation.

Placer un déflecteur métallique 041.171 ou 041.172 derrière le récepteur sonde et déplacer celui-ci lentement entre, par exemple, 15 et 30 cm de la sonde, ce qui lui fait recevoir un signal direct et un signal réfléchi. Marquer minutieusement sur le sommet du banc les positions du réflecteur produisant le signal minimum: positions où le signal réfléchi et le signal direct sont en opposition de phase. $\lambda/2$ constitue une moyenne des espacements. Voir Fig. 1.

Méthode 2

Placer verticalement l'émetteur à environ 50 cm. devant et en face d'un réflecteur semi-argenté, par exemple: 141.173, un récepteur du type sonde ou cornet étant disposé légèrement derrière l'émetteur pour recevoir le signal réfléchi. Déplacer derrière le réflecteur semi-argenté un réflecteur métallique 041.171 et noter les minimums ou l'opposition de phase comme dans la Méthode 1.

Voir Fig. 2. On peut également considérer cette expérience comme une analogie avec l'INTERFÉRENCE DE FILM MINCE.

ONDES STATIONNAIRES

Le signal de l'émetteur étant orienté vers un réflecteur métallique à une distance de l'ordre de 50 cm, utiliser un récepteur du type sonde pour explorer la région comprise entre ses deux appareils, ce qui indique un diagramme d'onde stationnaire.

RADIO À GRANDE DISTANCE

L'émetteur étant modulé à 100 Hz, par exemple, et un récepteur à cornet étant relié à un ensemble Amplificateur BF/Haut-Parleur, écarter ces deux appareils de 1 m environ, en les orientant l'un vers l'autre. Basculer les cornets vers le haut en faisant reposer les ensembles sur les poignées en plastique prévues à cet effet et maintenir une plaque métallique pour réfléchir jusqu'à l'émetteur le signal émis, tout comme à partir d'une couche ionisée de l'atmosphère.

RADAR

Même disposition que ci-dessus, mais placer l'émetteur et le récepteur côte à côte, les cornets étant orientés dans la même direction. Dans ce cas également, utiliser une plaque métallique pour représenter l'avion.

DIFFRACTION

On peut mettre en évidence la plupart des expériences de diffraction, par exemple, "A un bord rectiligne", en utilisant une ou plusieurs plaques métalliques placées verticalement, leurs surfaces faisant face et étant sous un angle droit à l'émetteur et à une distance de 20 à 30 cm et sur le trajet d'un signal dirigé vers un récepteur à cornet ou sonde. - Utiliser une grande plaque métallique 041.171 couvrant la moitié du champ rayonné. Le récepteur mettra en évidence des signaux étalés dans la zone "ombre". "Sur une fente unique", utiliser deux grandes plaques métalliques séparées par une "fente" de 1,5 à 2 cm. Une plaque métallique étroite 041.172 placée directement devant l'émetteur et à une distance d'environ 30 cm, produira un diagramme d'interférence dans sa zone "ombre". Ce diagramme peut être "tracé" par l'un ou l'autre type de récepteur. Voir Fig. 3.

L'étudiant peut réaliser UNE GRILLE DE DIFFRACTION au moyen de lames de clinquant d'aluminium collées sur une feuille d'agglomérés ou de plexiglas. C. Pirt de Barnet College a proposé l'utilisation d'environ 15 bandes de 2,5 cm (largeur) x 30 cm (hauteur), avec un espacement de 1 cm pour assurer une diffraction de premier ordre de 55° .

Voir également Dr. Diamond, School Science Review, Novembre 1963.

INTERFÉRENCE

Le récepteur du type sonde relié à un ensemble Amplificateur BF/Haut-Parleur se prête très bien à la plupart des expériences d'interférence. Amener le commutateur de modulation du bloc d'alimentation en 1 000 Hz ou 100 Hz. Pour l'expérience de Young, placer en ligne une plaque métallique de 21 cm - 041.171, - une plaque métallique de 6 cm - 041.172 - et une autre de 21 cm, avec, entre chacune, un intervalle de 1 à 2 cm pour former les "fentes". Éloigner l'émetteur d'environ 35 cm des fentes, tout en plaçant derrière celles-ci et sur une ligne axiale entre elles. Déplacer lentement un récepteur sonde dans un arc d'un rayon de l'ordre de 50 cm devant les fentes pour rechercher le diagramme d'interférence.

Voir Fig. 4.

$$\lambda = 3,2 \text{ cm}$$

à Serrure ?

UNE EXPÉRIENCE DU MIROIR DE LLOYD se prépare rapidement. Utiliser une plaque métallique de 21 cm orientée vers l'opérateur. Placer l'émetteur à l'avant et à gauche, son cornet orienté vers le centre de la plaque métallique sous un angle de 30° par rapport au plan de la surface réfléchissante et écarté de 30 à 40 cm. A partir du bord droit de la plaque métallique réfléchissante, déplacer vers l'avant, en ligne droite, un récepteur du type sonde relié à un ensemble ampli. BF/Haut-Parleur pour mettre en évidence les points de renforcement et d'annulation de l'onde directe et de l'onde directe et de l'onde réfléchie. Voir Fig. 5.

On peut mettre en oeuvre une forme de réalisation d'INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON en utilisant comme miroir semi-argenté une plaque en fibres agglomérées 041.173. Le récepteur à cornet ou le récepteur sonde se prête à cette opération et, à ces longueurs d'onde, on n'a pas besoin d'une plaque de correction de trajet. Positionner les "miroirs" comme dans le cas d'une expérience Michelson normale, l'émetteur constituant la source lumineuse et en ayant recours à un récepteur comme oculaire, les deux étant à une distance de 30 à 40 cm du miroir semi-argenté. Voir Fig. 6.

ZONES DE FRESNEL

Elles peuvent être confectionnées également par l'étudiant à partir de clinquant d'aluminium, mais Unilab a fabriqué un nécessaire prêt à l'emploi comprenant une feuille de plexiglas de 35 cm x 35 cm. La zone A est un disque ϕ 16,5 cm en feuille d'aluminium de 1,2 mm d'épaisseur, Zone B: 16,5 cm (dia. int.) x 23,3 cm (DE), Zone C: 23,3 cm. (DI) x 28,5 cm (DE) et Zone D: 28,5 cm (DI) x 32,6 cm (DE), tous portant le numero 141.173. Elever l'émetteur et le récepteur à cornet sur les blocs supports 141.172 (65 mm au-dessus du banc), orientés l'un vers l'autre, la plaque de zone étant à mi-chemin entre eux. Les zones B ou D doivent augmenter l'indication donnée par l'appareil de mesure de 2:1 et, pour B et D ensemble, d'environ 3:1, l'émetteur et les cornets de récepteur étant séparés de 80 cm. A cette distance de 80 cm, la zone d'espacement C réduira grandement le signal mais si l'on porte à 104 cm l'espacement entre l'émetteur et le récepteur, la zone C produira un agrandissement de 2:1 et le disque A une légère amplification de 7:5.

Voir Dr. R. Diamond, School Science Review, Novembre 1963.

RÉFRACTION Fig. 7.

Les ondes de 3 cm sont réfractées par des blocs ou prismes en cire ou en matière plastique ou par les récipients en plexiglas creux remplis de paraffine ou de bisulfure de carbone. A titre d'exemple pour ce dernier, citons les prismes de 60° , 041.175, et de 45° , 041.176, et la lentille semi-circulaire, 041.177. Les lentilles en verre également font converger ces ondes. Unilab possède une lentille montée cire d'un diamètre de 27 cm, 041.179, et d'une distance focale de 50 cm, destinée en particulier à une expérience de diffraction Bragg.

EXPÉRIENCE DÉMONSTRANT LA TRANSITION DE LA RÉFLEXION INTÉRIEURE TOTALE À LA TRANSMISSION TOTALE

Agencer comme indiqué sur la Fig. 8, utilisant deux prismes de 45° : 041.176, et un récepteur à cornet pour indiquer l'onde réfléchie ainsi qu'un récepteur sonde avec un ensemble ampli, BF/Haut-Parleur pour indiquer l'onde de transmission totale. Les prismes étant séparés de 5 cm ou davantage, l'appareil de mesure du récepteur à cornet indique un signal entièrement réfléchi tandis que la sonde ne fait apparaître aucun signal. En rapprochant les prismes l'un de l'autre, le signal réfléchi devient presque nul et l'onde passe entièrement à la sonde comme si elle traversait un diélectrique solide. Les espacements intermédiaires produisent une transition graduelle de la réflexion intérieure totale à la transmission totale. Voir Dr. R. Diamond, School Science Review, Novembre 1963 pour le traitement mathématique complet dont une réimpression peut être fournie par Unilab, Clarendon Road, Blackburn, Angleterre.

DISPERSION DE BRAGG. On voit sur la Fig. 9 un agencement dans lequel un cristal réalisé par des sphères métalliques encastrées dans une feuille de polystyrène expansé est utilisé pour donner une analogie exacte de la diffraction des rayons X par un cristal. On peut obtenir également des résultats satisfaisants en faisant tourner sur une table tournante des sphères de polystyrène expansé d'un diamètre de 3 à 4 cm et disposées sous la forme requise.

Le cristal 41.175 de la Fig. 9 a été créé par P.S. Coles de Loughborough College. 120 sphères en cliquant d'aluminium d'un diamètre de 12,5 mm et espacées dans une forme cubique de 4 cm. donnent une diffraction caractéristique de premier ordre à 48° (2 θ) sur une table tournante lors de l'examen de la face 1.0.0. Dans l'équation de Bragg $2d \sin \theta = n\lambda$, $d = 4 \text{ cm.}$, $\theta = 24^\circ$, $\lambda = 3,2 \text{ cm environ.}$

PR = Récepteur Sonde
 R = Récepteur
 T = Émetteur

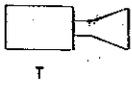


Fig. 1

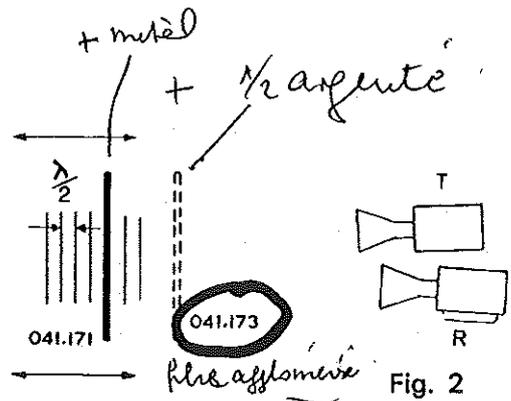
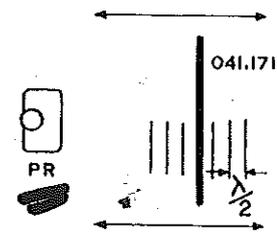


Fig. 2

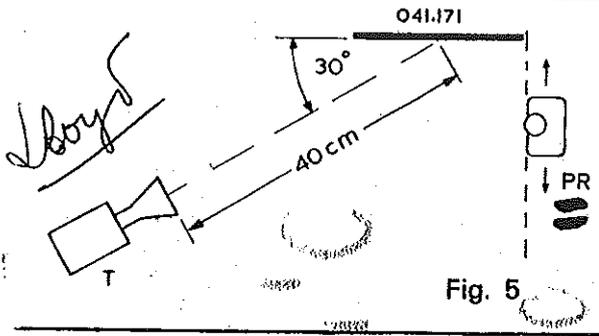


Fig. 5

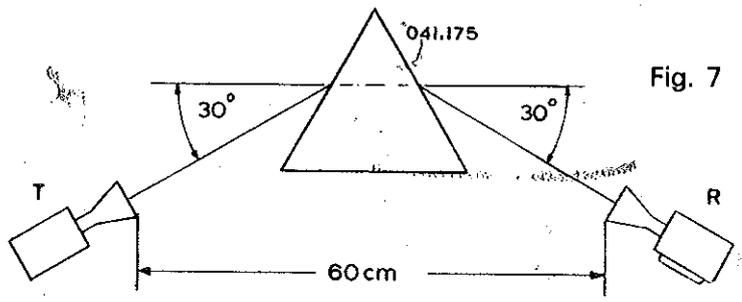


Fig. 7

Diffractis per flapsu unia

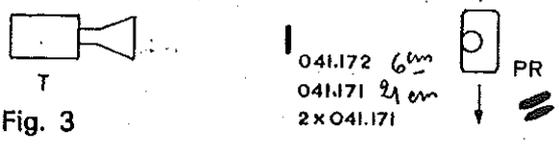


Fig. 3

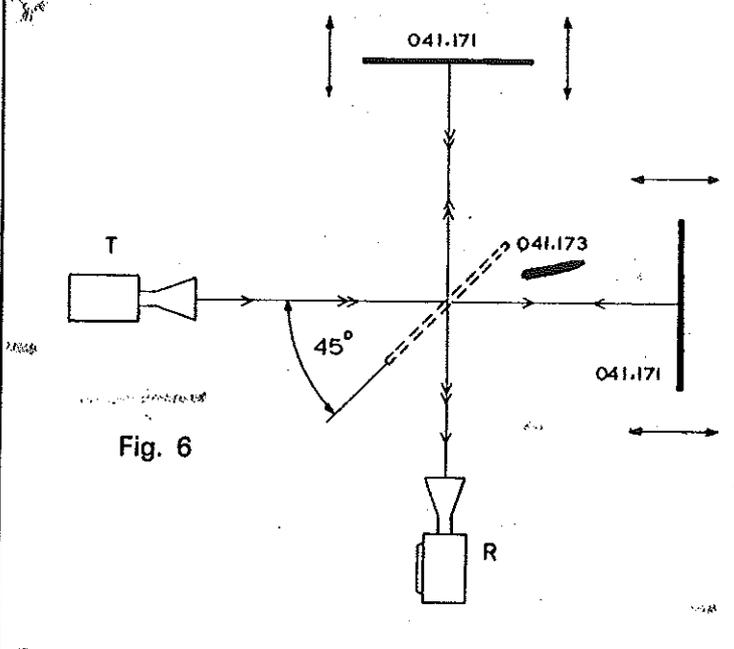


Fig. 6

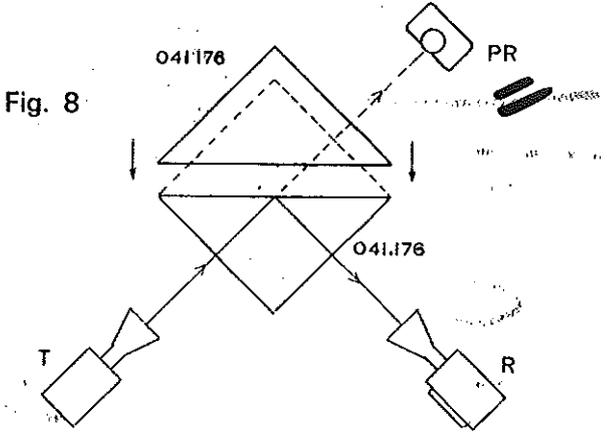


Fig. 8

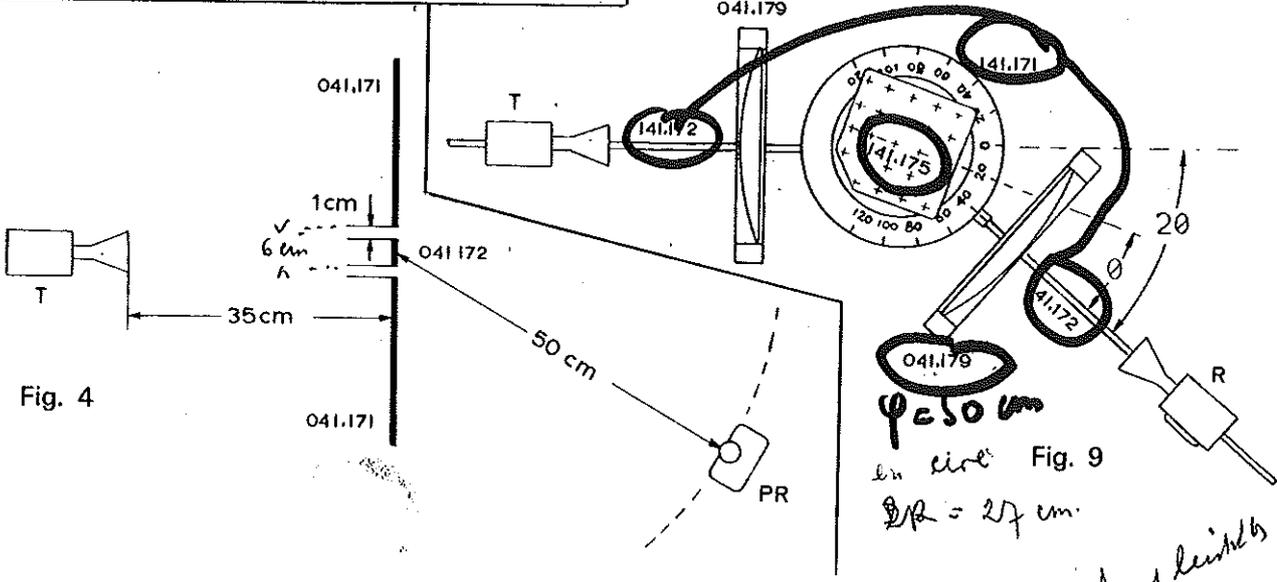


Fig. 4

TR sans limites

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Puissance H.F. de 10 à 25 W. selon longueur d'onde.

Fréquence V.H.F. réglable d'une façon continue de 150 à 500 MHz.

Alimentation haute tension : 400 V. continu.

Courant anodique à pleine charge : 120 mA.

Circuit émetteur amovible, d'une absolue sécurité pour l'expérimentateur.

alimentant en parallèle les grilles ou les plaques. La figure 4 correspond à ce montage.

EXPERIENCES

L'oscillateur V.H.F. n° 741 a été étudié pour les classes terminales du Second Degré et, d'une façon générale, pour les parties des programmes d'enseignement relatives aux courants de haute fréquence, aux oscillations électriques, au principe de la télégraphie sans fil; sa grande souplesse de réglage permet de réaliser chaque expérience dans les conditions optima.

MISE EN MARCHÉ

Vérifier tout d'abord si le fusible "secteur" correspond à la tension dont on dispose; abaisser le contact K (fig. 1).

Au bout d'une dizaine de secondes présenter parallèlement à la boucle émettrice celle d'une ampoule 110 Volts (10 à 25 watts), le curseur C étant voisin de A; régler le contact intérieur par le bouton latéral B jusqu'à obtenir la meilleure luminosité (fig. 5).

On peut remplacer l'ampoule à boucle par un tube au néon ou un tube fluorescent disposé contre les branches du circuit émetteur au niveau de la plaquette isolante; le maximum d'éclat du tube correspond au réglage convenable de l'émission en V.H.F. (fig. 6).

A - EXPERIENCES EN V.H.F. (ondes de 2 à 1 m.)

I - Effets d'induction sur des circuits fermés.

a) Une ampoule d'éclairage de 10 à 25 watts, 110 volts, branchée sur une boucle métallique d'environ 50 cm² de surface s'illumine lorsqu'on la présente parallèlement au circuit émetteur E, à une distance de l'ordre du cm. (fig. 5).

Une f.é.m. d'environ 100 à 120 V. apparaît donc dans la spire unique ce qui implique une fréquence très élevée du courant inducteur.

b) On approche du circuit émetteur et parallèlement à lui le résonateur carré de Blondlot muni d'une ampoule pour phare de bicyclette (6 V., 1 A.), poignée en haut et disques de capacité au niveau de la plaquette isolante; on parfait le réglage d'accord, obtenu d'abord en gros par déplacement de la lamé coulissante, par le déplacement de l'un des plateaux: l'ampoule brille vivement (vente de courant), ainsi qu'un petit tube néon introduit entre les plateaux (ventre de potentiel).

c) MESURE DE LA LONGUEUR D'ONDE (et par suite de la FREQUENCE) sur fils de LECHER.

Munir le circuit émetteur E de sa glissière d'accord et disposer la boucle souple issue des fils de Lecher à quelques centimètres.

Déplacer ensuite sur les fils, normalement à eux, le curseur à lamelles muni de la même ampoule que précédemment (6 V., 1 A.). Repérer sur le banc gradué les divers maxima de brillance de l'ampoule; en déduire, d'une façon approchée, la demi-longueur d'onde (distance entre deux maxima consécutifs). (fig. 7).

Si l'on désire plus de précision on peut substituer à l'ampoule précédente

L'oscillateur n° 741 (fig. 1) utilise comme générateur de courant à très haute fréquence (dits courants V.H.F. "very high frequency") une tétrode double "PHILIPS" QQE 04-20.

Ce tube équivaut à deux triodes montées dans la même ampoule avec une cathode commune mais dont les capacités grille-plaque sont réduites par l'insertion, entre ces électrodes, d'une seconde grille dite "écran" portée à un potentiel positif d'environ 200 Volts, nettement inférieur à la tension anodique.

Sur ondes métriques (fréquences de 150 à 300 MHz), les circuits de plaque et de grille ont leur inductance réduite à une seule boucle en forme de U dont les extrémités sont directement reliées aux plaques (circuit anodique tubulaire E, extérieur au châssis) ou aux grilles (circuit grille intérieur, en gros fil E'); les capacités se réduisent aux seules capacités interélectrodes, de l'ordre du picofarad. La tétrode oscille spontanément dès que les inductances grille et plaque sont voisines de la résonance; ces inductances se règlent tout de suite par la manoeuvre d'un court-circuit mobile; celui de plaque (C) est directement accessible, celui de grille est commandé par un bouton latéral (B).

Le schéma (fig. 2), très simplifié, montre la disposition relative des circuits.

En régime oscillatoire, les potentiels H F des anodes A 1 et A 2 sont en opposition de phase, et il en est de même pour des points tels que a 1 et a 2 symétriques par rapport à l'axe symbolique A G.

L'amplitude de la tension H F est maximum sur les plaques, c'est-à-dire, pratiquement, au niveau de la tablette isolante servant de support à la boucle émettrice; elle diminue à mesure que l'on s'approche du sommet A de la boucle ou du point milieu H du court-circuit de réglage où elle est nulle.

La même disposition s'applique aux circuits de grille dont l'amplitude H F, maximum en G 1 G 2 s'annule au point G.

Si l'on prend la cathode comme zéro des potentiels fixes, A est à 400 V., et G à - 60 V., ces nombres étant des valeurs moyennes.

Les deux circuits - et en particulier le circuit anodique émetteur - suggèrent au point de vue mécanique la comparaison avec un diapason dont ils rappellent la forme.

Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de relier effectivement le point A au + de la haute tension; un dispositif d'alimentation des anodes à travers de petites selfs d'arrêt H F, permet la suppression matérielle de A, ce qui simplifie le montage tout en conservant son efficacité. La sécurité est totale pour l'expérimentateur; le châssis et la boucle émettrice sont au même potentiel moyen, celui du "sol" en langage "électrostatique"; la haute tension est par suite "au sol", (ou "à la masse"), la cathode à - 400 V. et la grille à - 460 par rapport au châssis. La figure 3 montre la disposition réelle des organes.

On aperçoit la tétrode émettrice, les selfs d'arrêt V.H.F., le circuit grille et son curseur; le transformateur d'alimentation, la valve redresseuse, et la petite pentode de sécurité bloquant automatiquement le courant anodique à une faible valeur (50 à 60 mA.) en régime de non-oscillation.

Sur ondes décimétriques, les deux triodes en opposition de phase du montage précédent fonctionnent comme une triode unique. Les boucles grille et plaque qui oscillaient en V.H.F. ont alors une inductance négligeable par rapport à celle du solénoïde L, accordé par le condensateur variable C, et jouent le rôle de simples conducteurs

..//..

Le dipôle D est analogue à un tuyau sonore ouvert fonctionnant sur le son fondamental, les ventres d'amplitude correspondant aux ventres de potentiel, et les nœuds (ventres de dilatation) aux ventres de courant. On peut le considérer comme la limite de l'évolution d'un circuit analogue à E dont les branches se seraient écartées jusqu'à être dans le prolongement l'une de l'autre.

Le dipôle D rayonnera son énergie électro-magnétique sous la forme d'une onde approximativement plane à quelques mètres de l'émetteur, le champ électrique \vec{E} étant parallèle à D, le champ magnétique \vec{H} lui étant perpendiculaire; le rayonnement hertzien sera donc polarisé, comme la lumière issue d'un nicol ou d'un polaroïd (fig. 10).

Cette énergie se décèlera par l'éclairement de la petite ampoule de d, qui restera allumée à plusieurs mètres de D, dont l'émission sera considérablement renforcée par l'écran en tôle d'aluminium placé comme réflecteur à une vingtaine de cm. en arrière de D, ou par un dipôle coulissable d'identique à D, mais accordé sur une longueur d'onde plus grande (d'environ 10 à 20 %).

D'un grand intérêt pédagogique, ce montage réalise de la manière la plus directe la liaison émetteur-antenne. Si l'on remarque qu'il utilise des longueurs d'onde englobant celles de la télévision française courante, il peut être intéressant de lui substituer le montage-type d'une antenne V.H.F., d'un rendement supérieur et d'une incontestable actualité.

ALIMENTATION A DISTANCE D'UNE ANTENNE DEMI-ONDE - ROLE DES ELEMENTS DIRECTIFS

Les antennes d'émission V.H.F., pour des raisons évidentes de hauteur ou de dégagement ne peuvent être excitées directement sur le circuit émetteur comme l'est le dipôle D.

On utilise alors une "ligne de transmission"; celle-ci doit satisfaire à la double condition de créer le minimum de pertes (rayonnement diélectrique), et de ne pas donner lieu à la formation d'ondes stationnaires; il faut pour cela que son "impédance caractéristique" (1) soit égale à la "résistance de rayonnement" de l'antenne, résistance égale à celle qui absorberait par effet Joule la même énergie que l'antenne. Le courant de haute fréquence circule alors dans cette ligne comme une onde progressive, analogue à celle que fournissait un diapason entreteuu sur une corde de longueur infinie.

(1) L'impédance caractéristique d'une ligne de transmission s'exprime par la relation :

$$Z_c = \sqrt{L/C} \quad (Z \text{ ohms, } L \text{ henrys, } C \text{ farads),$$

L et C étant respectivement l'inductance et la capacité inter-conducteurs de la ligne pour une même longueur, d'ailleurs quelconque. Dans le cas d'une ligne coaxiale comportant un diélectrique de constante k remplissant l'intervalle entre les conducteurs et si les rayons utiles de ces derniers sont R et r,

$$Z_c = \frac{1}{\sqrt{k}} 138 \log R/r$$

Pour un câble courant de télévision, R = 2 mm., r = 0,165 mm., k = 4,
ce qui donne $Z_c = 75 \text{ Ohms.}$

../..

un court-circuit et insérer à la place du fusible F un milliampèremètre fonctionnant sur calibre 150 mA (genre Didaspot ou équivalent). L'amortissement produit par l'ampoule étant supprimé, la résonance entre l'émetteur et le circuit fermé de faible résistance que forment les fils de Lecher et leur "pont" est traduite par un MAXIMUM du courant anodique : l'énergie absorbée à l'émetteur est en effet la plus grande possible, l'ensemble "fils-pont" constituant le secondaire à faible résistance d'un transformateur dont l'émetteur est le primaire. Les maxima étant ici déterminés à 1 mm. près, l'erreur relative sur λ est de l'ordre de 1/500.

On vérifiera que la longueur d'onde diminue à mesure que la coulisse d'accord descend vers la plaquette, ce qui diminue la longueur utile du circuit d'émission, et par suite son inductance. On peut descendre au voisinage du mètre (300 MHz).

d) VARIATION DU POTENTIEL LE LONG DES FILS DE LECHER.

L'expérience précédente (recherche des maxima de courant) est tout à fait comparable à l'expérience classique de Melde où le diapason-source ferait vibrer en régime stationnaire deux cordes parallèles séparées par une distance petite relativement à la longueur d'onde : les ventres d'amplitude de la corde correspondent aux ventres de potentiel du système stationnaire de Lecher, c'est-à-dire aux noeuds de courant, et les noeuds d'amplitude aux ventres de courant déterminés précédemment. Ces derniers étant en phase peuvent être réunis par le filament d'une petite ampoule ou - mieux encore - par un court-circuit. Si celui-ci se trouve dans la position correspondant aux maxima de courant, un tube au néon (ou un tube lumineux du commerce genre PHILIPS T L 16) s'illuminera au milieu de la distance séparant deux maxima de courant voisins, montrant ainsi que les ventres de potentiel sont en quadrature avec les ventres de courant.

Si l'on dispose d'un tube fluorescent de 1 m. de long, on peut le placer entre les fils de Lecher; sur une longueur d'onde d'environ 1,5 m., le réglage du "pont" permet de montrer deux zones éclairées de part et d'autre d'un noeud de potentiel. (fig. 8).

INDUCTION SUR UN CIRCUIT OUVERT - PRINCIPE DE L'ANTENNE DIPOLE

Le circuit émetteur E (fig. 1) rayonne peu car ses extrémités sont très voisines; les courants de sens opposés qui parcourent chacune des branches donnent des champs pratiquement opposés dès qu'on s'éloigne de l'émetteur à une distance de l'ordre du mètre; l'effet résultant est négligeable; si l'on approche de E le dipôle à ampoule d, la petite source lumineuse s'éteint au voisinage immédiat de E.

Il n'en est plus de même si E agit par induction sur une antenne rectiligne D, comportant des éléments de réglage coulissables et disposée horizontalement, soit au sommet de la boucle émettrice, soit au niveau du curseur C; à une distance de l'ordre du cm. (fig. 9); deux points a1 et a2 symétriques par rapport au milieu M de l'antenne sont parcourus par des courants i de même sens dont les effets à distance s'ajoutent au lieu de se retrancher; si D est réglé sur la demi-longueur d'onde mesurée au Lecher, un système stationnaire s'y établit, donnant un ventre de courant en M et deux noeuds de courant imposés aux extrémités; simultanément un noeud de potentiel se créera en M, avec deux ventres aux extrémités, mis facilement en évidence par un tube néon approché d'elles. Les tensions en V1 et V2 étant de signes contraires et toujours égales en amplitude résultent d'un transfert d'électrons de V2 en V1; à un instant donné, V1 reçoit en supplément les électrons extraits de V2 en nombre égal, ce qui donne pendant une demi-période des potentiels opposés en V1 et V2, correspondant à des charges égales et de signes contraires; c'est pourquoi le conducteur rectiligne D s'appelle un dipôle.

..//..

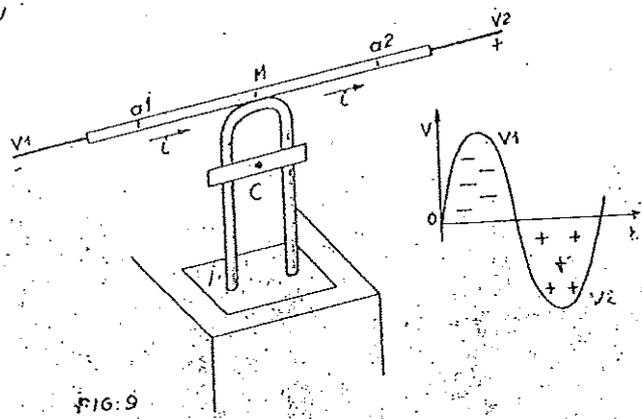


FIG. 9

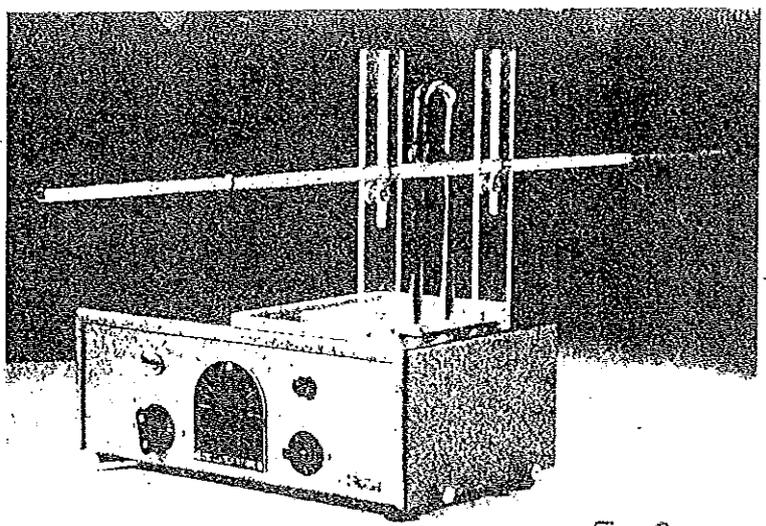


Fig 9

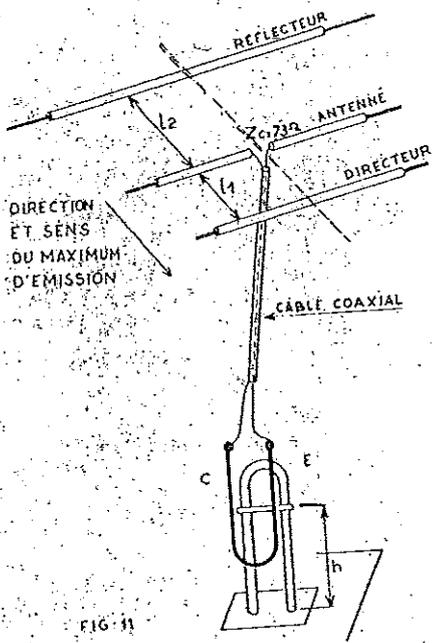
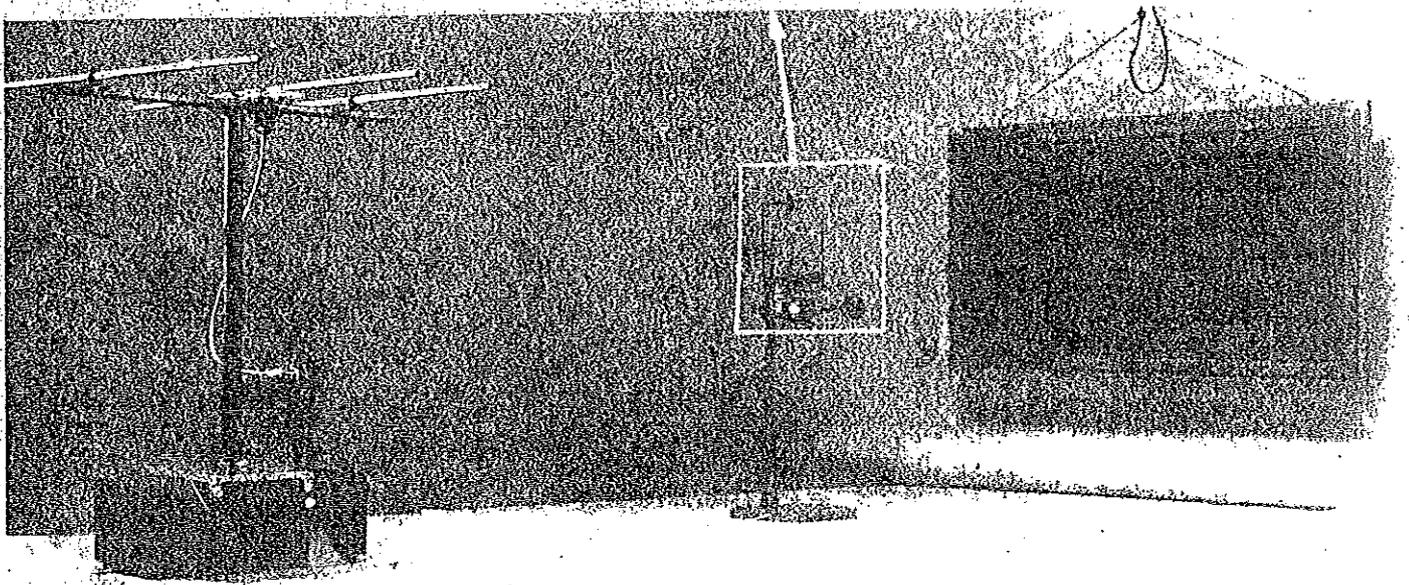
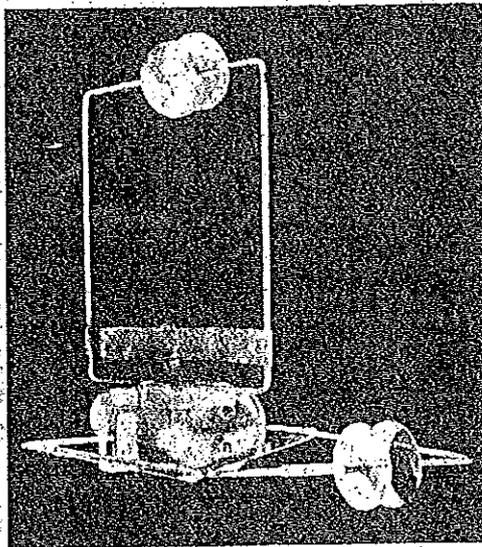


FIG. 11



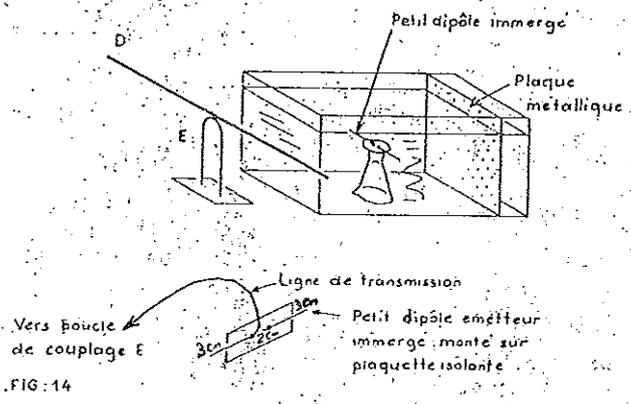


FIG:14

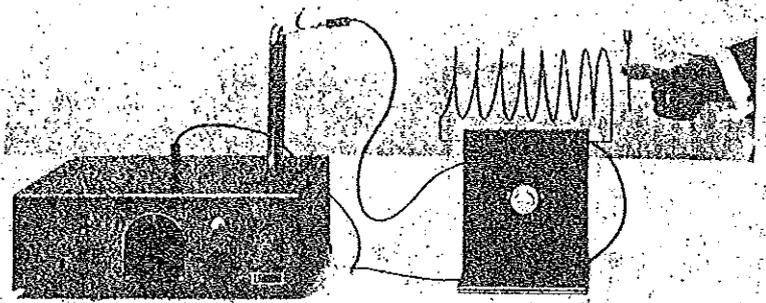


Fig 4 & 15

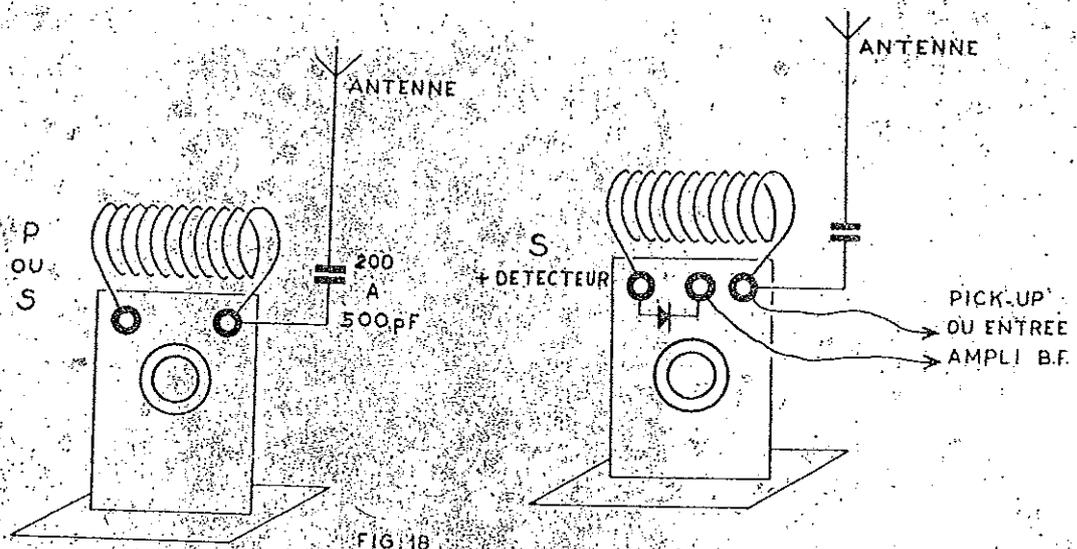


FIG:18

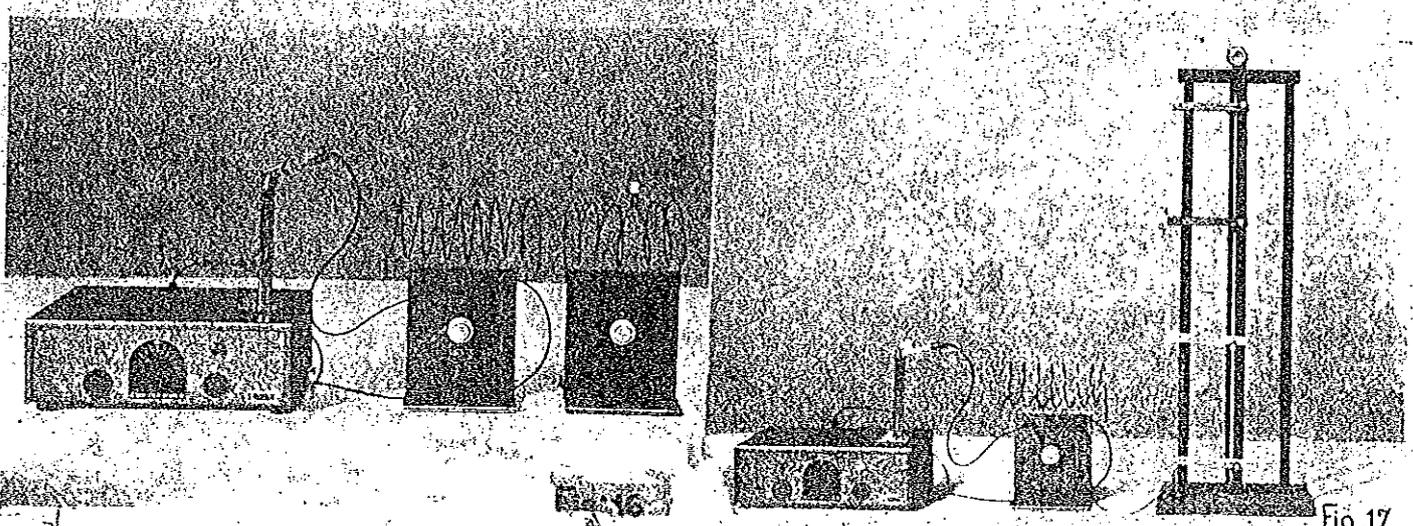


Fig 17

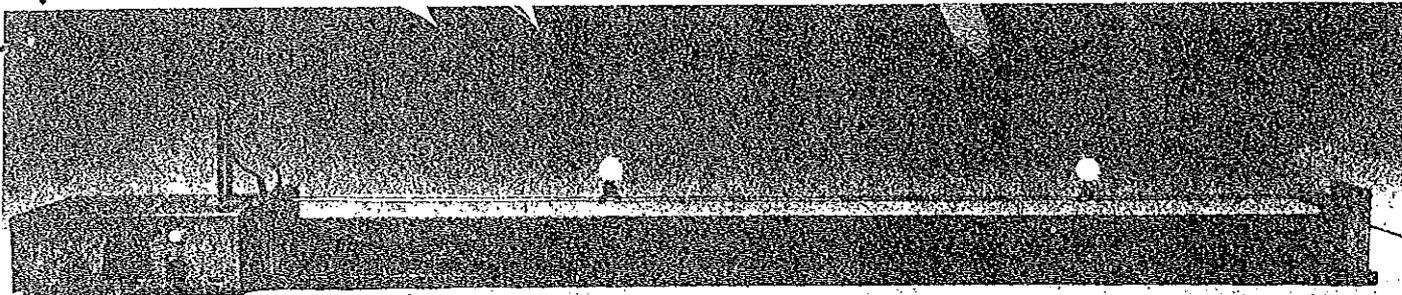


Fig 7

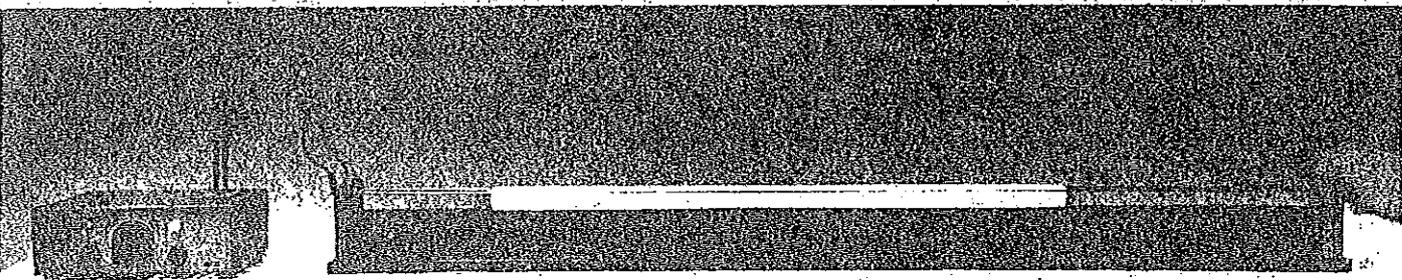
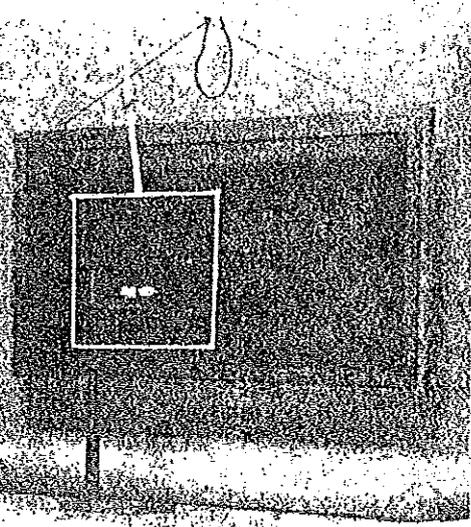
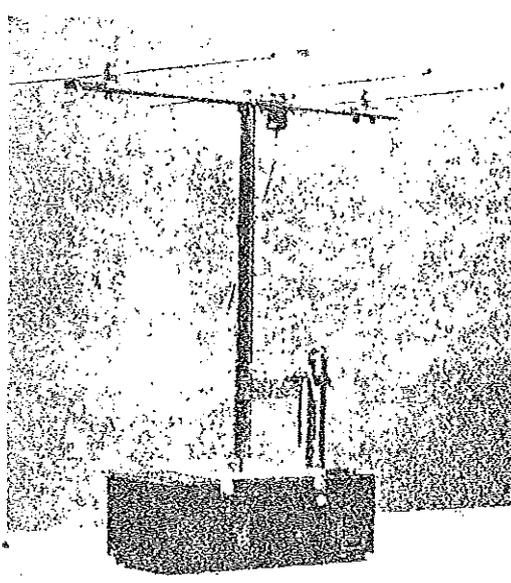
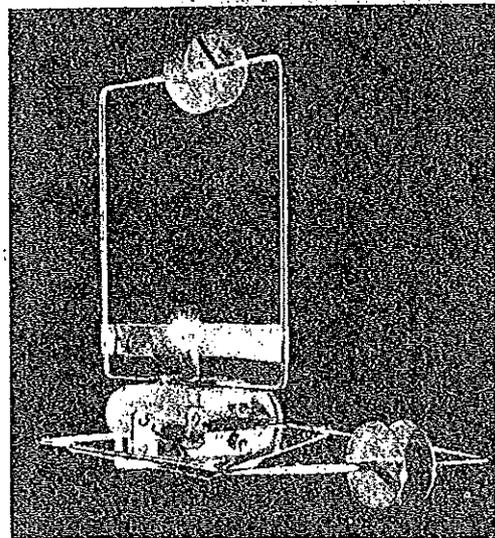
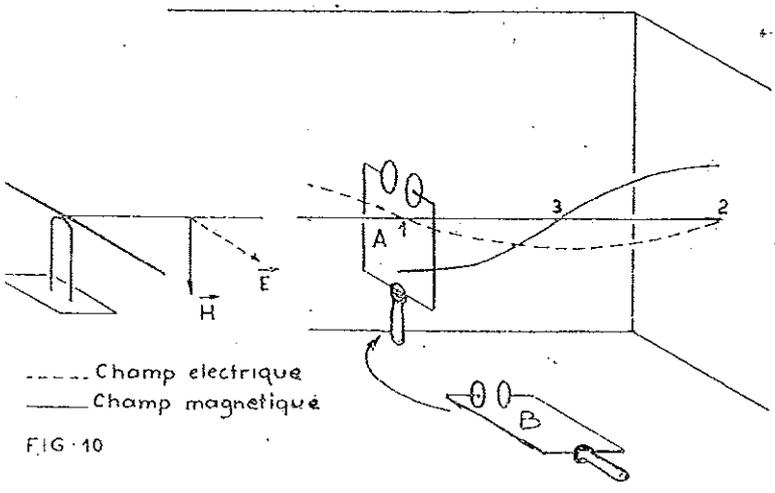


Fig 8



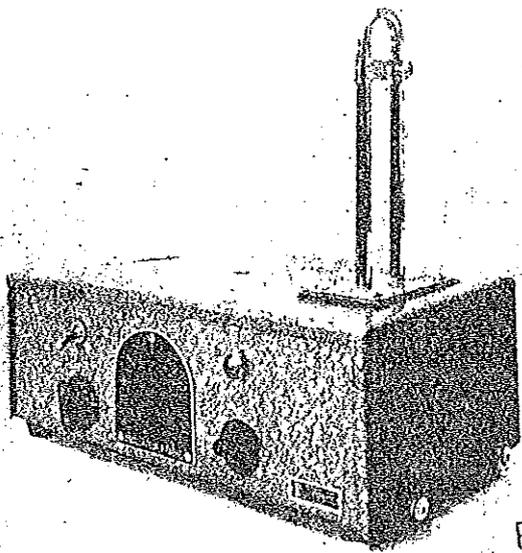


Fig 1

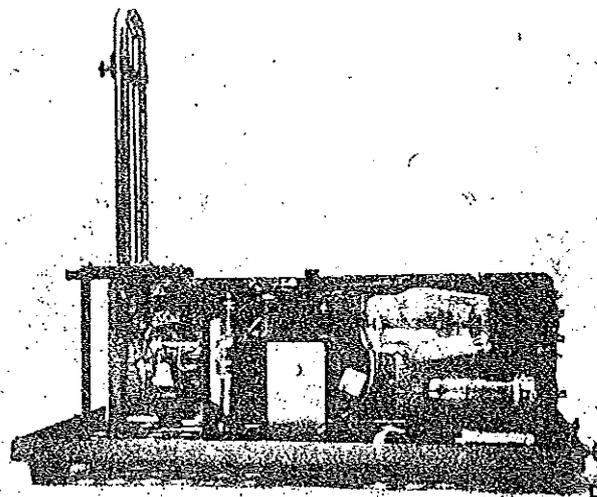


Fig 3

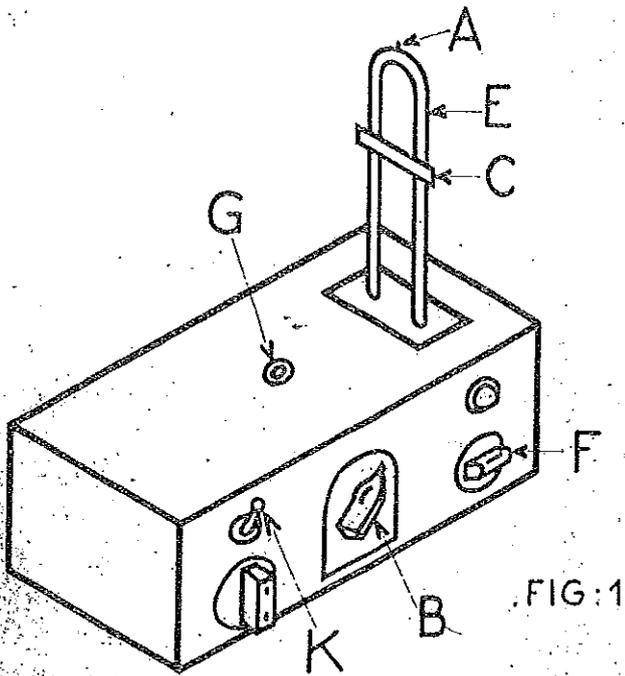


FIG: 1

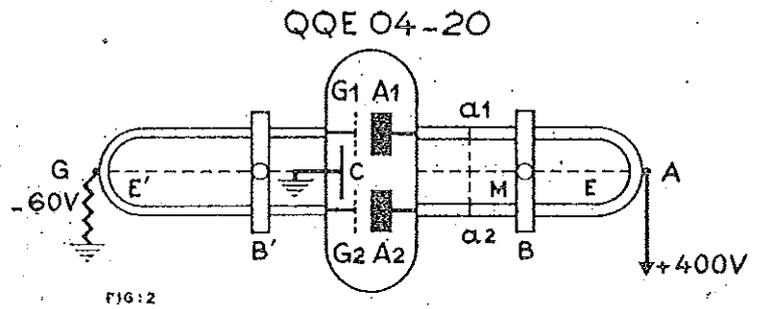


FIG: 2

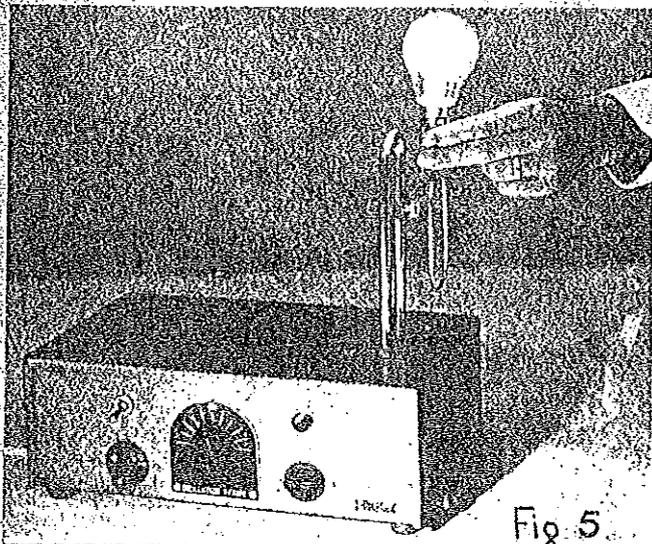


Fig 5

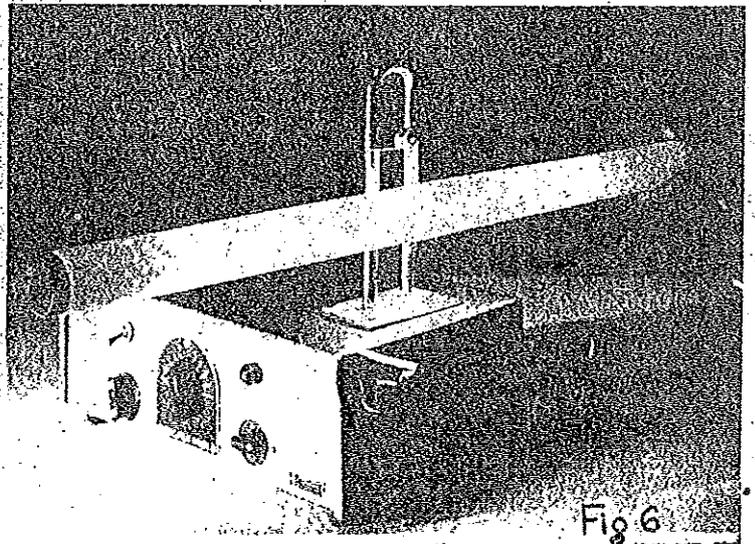


Fig 6