

Fig. 1

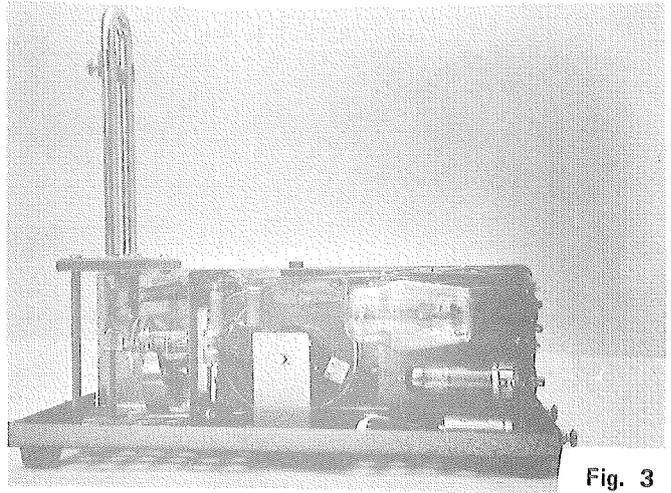
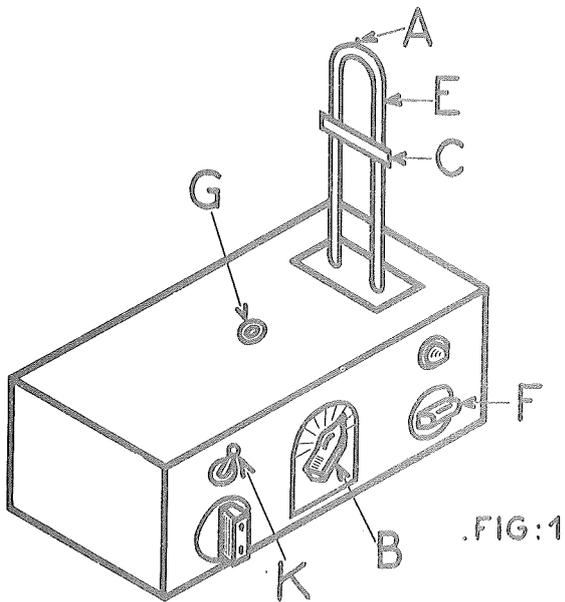


Fig. 3



. FIG:1

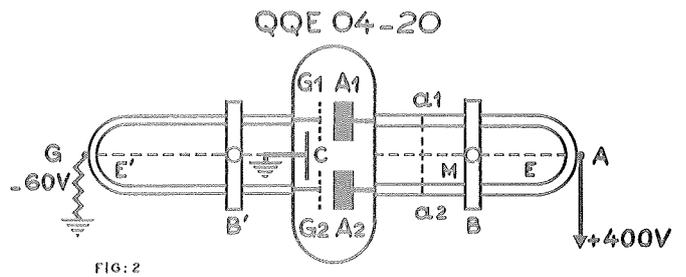


FIG:2

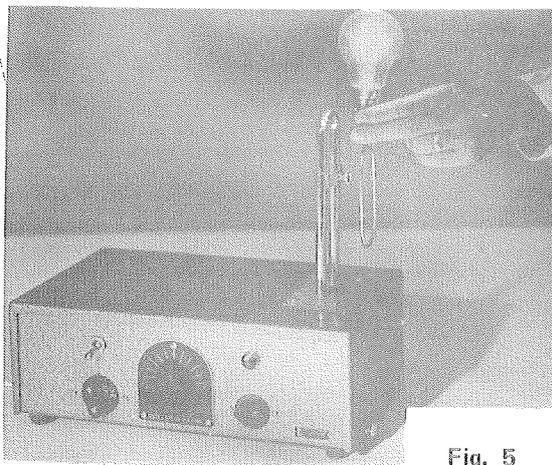


Fig. 5

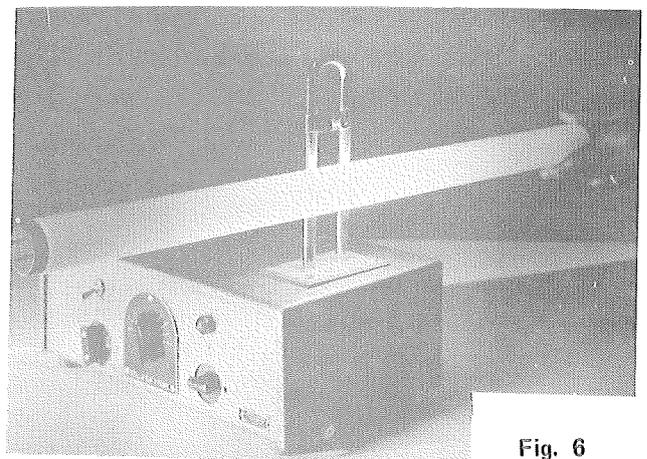


Fig. 6

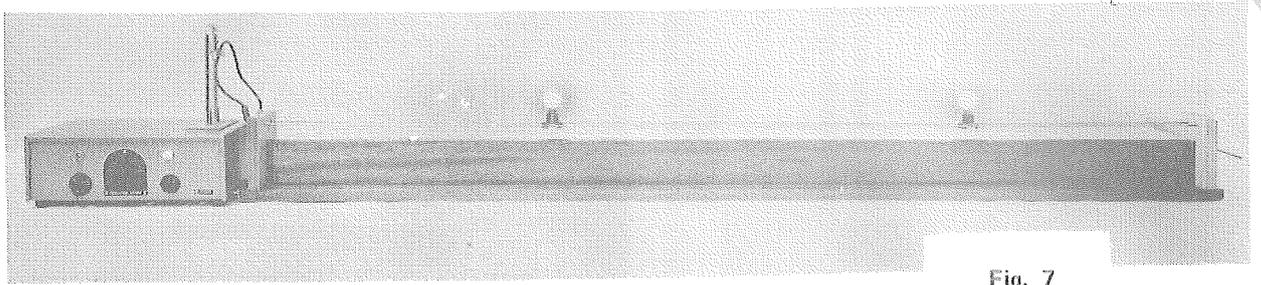


Fig. 7

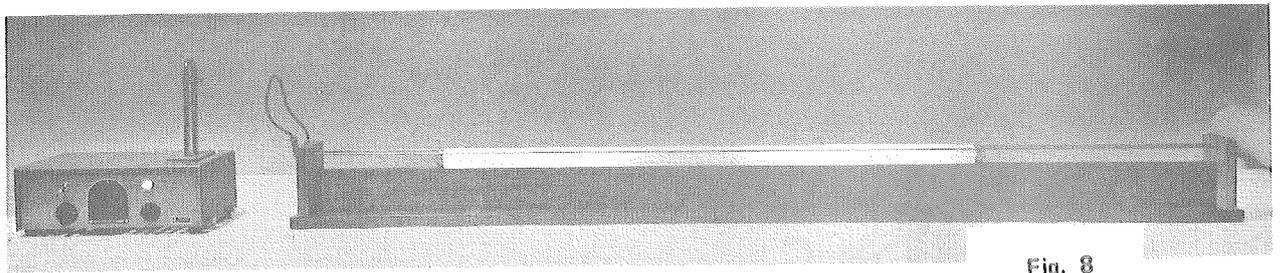


Fig. 8

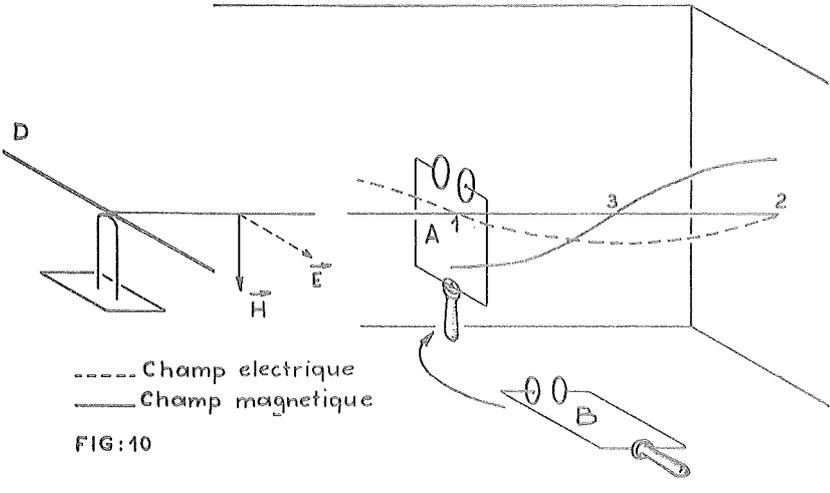


FIG: 10

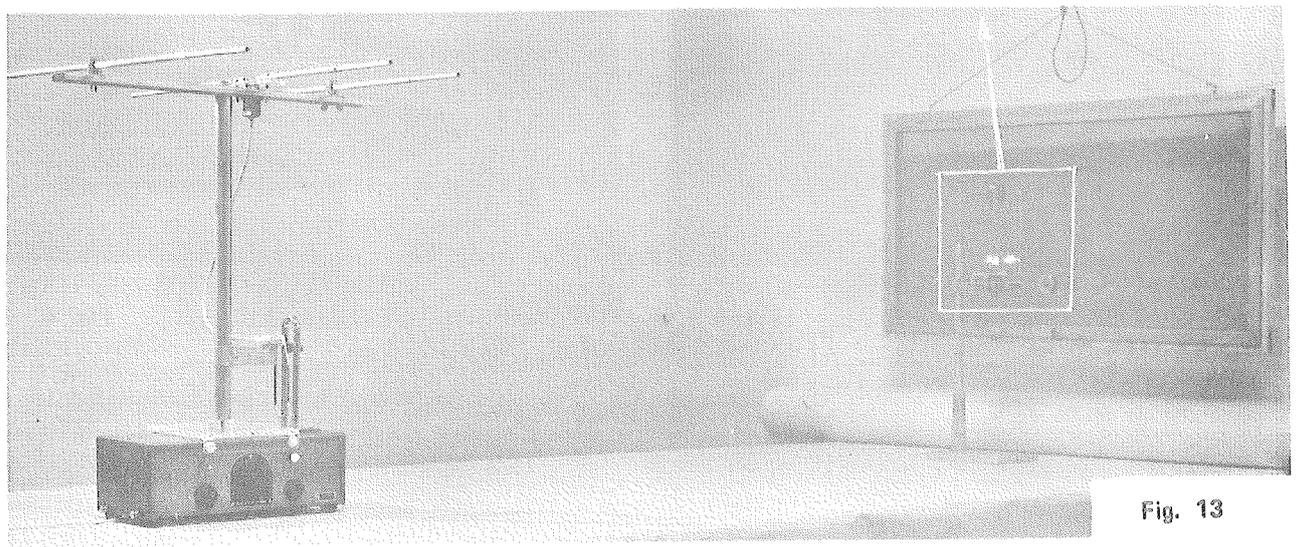
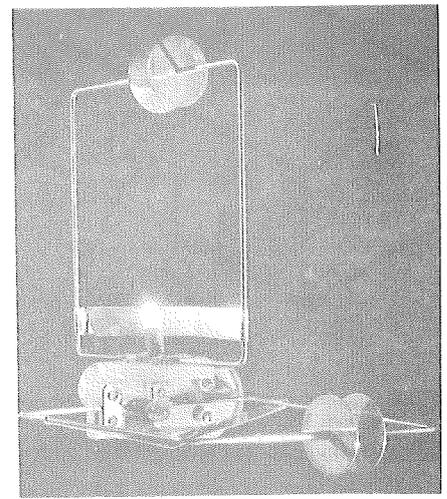


Fig. 13

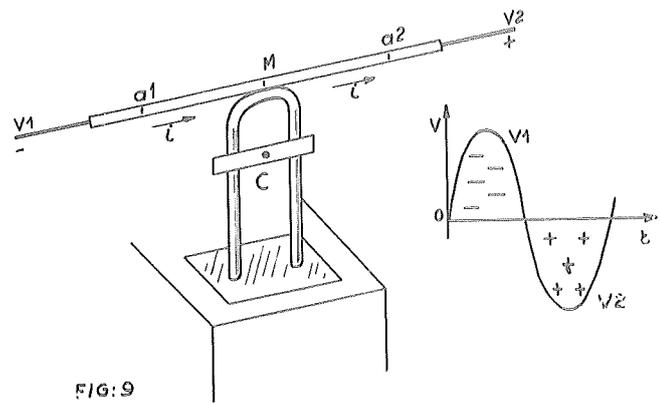


FIG:9

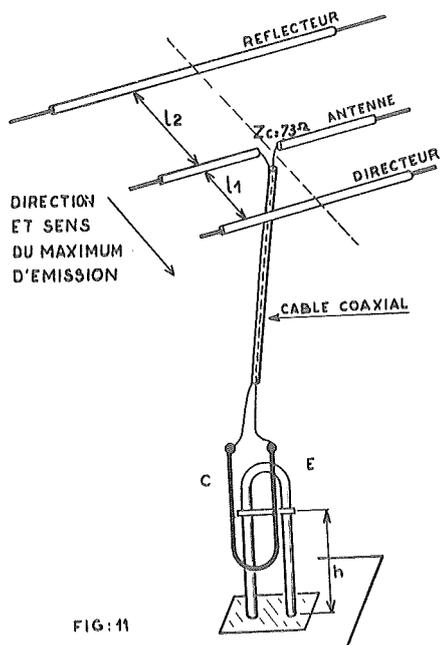


FIG:11

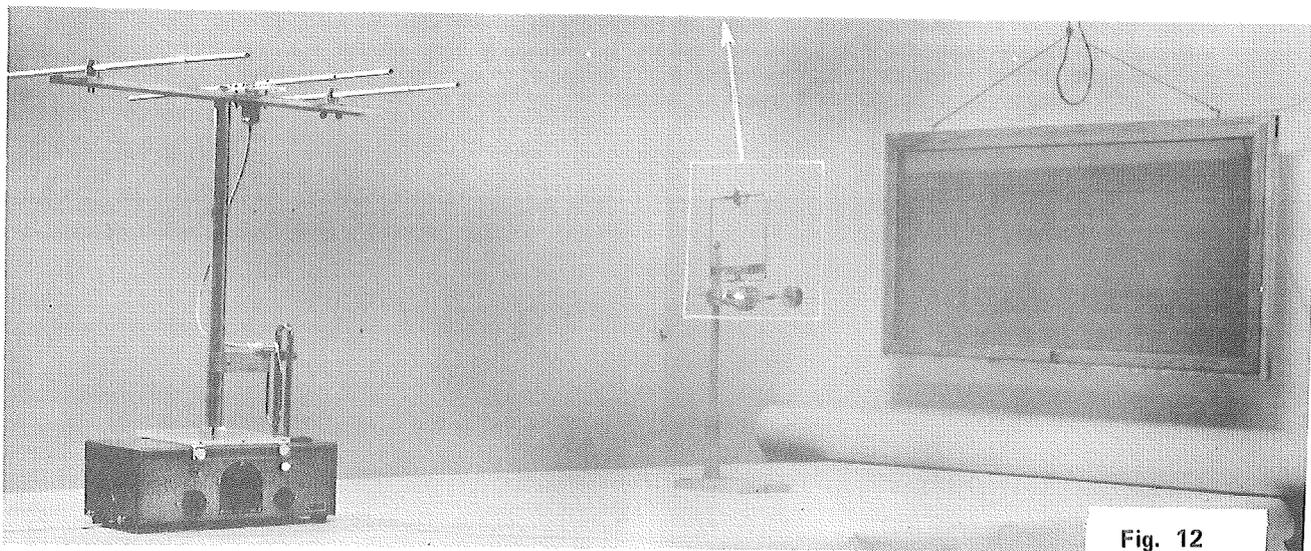
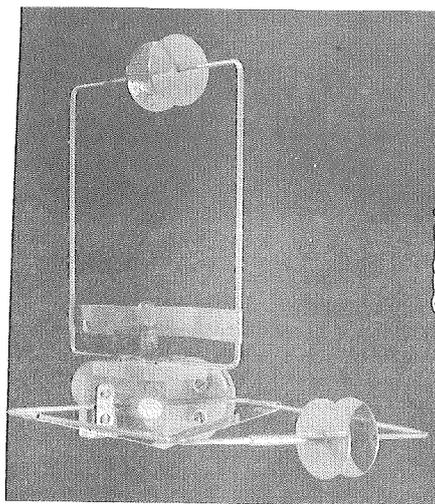


Fig. 12

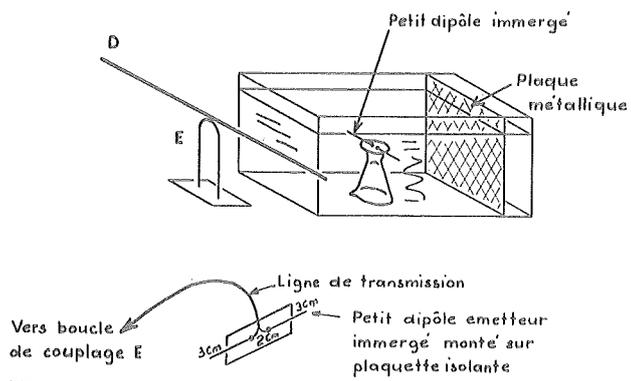


FIG:14

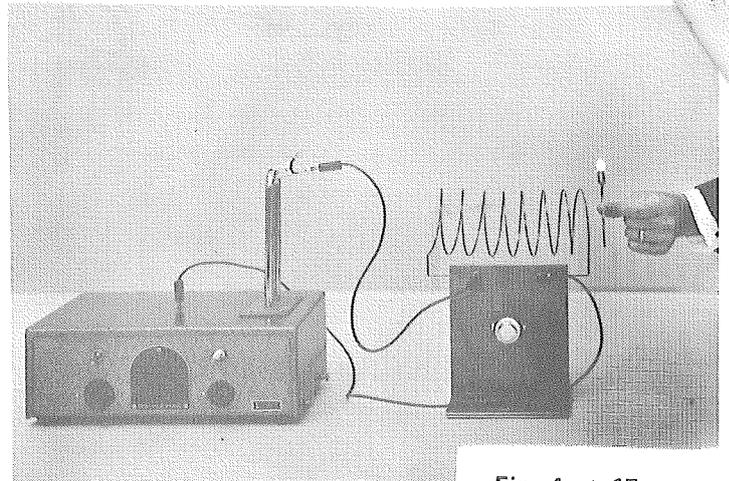


Fig. 4 et 15

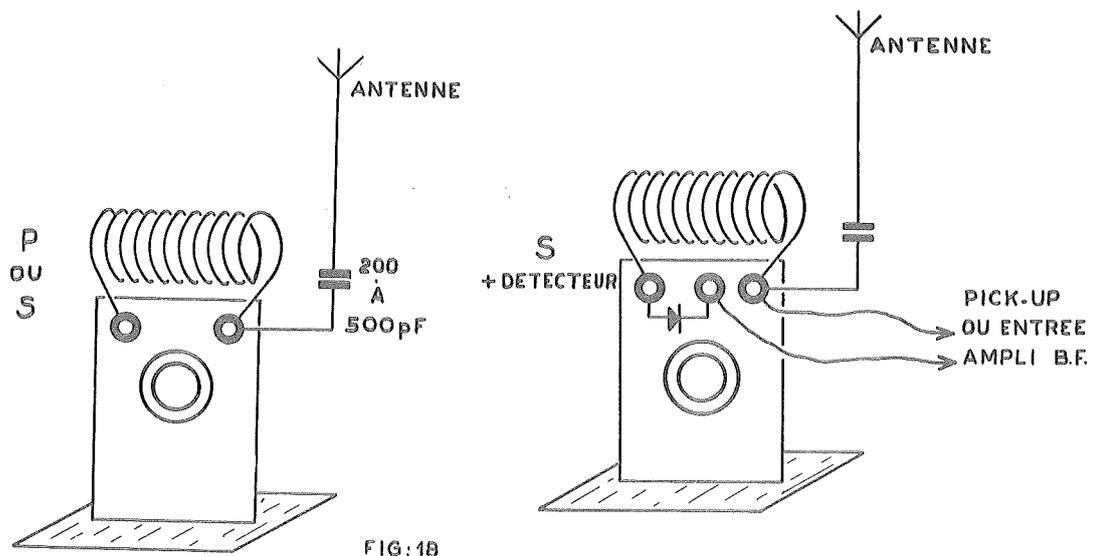


FIG:18

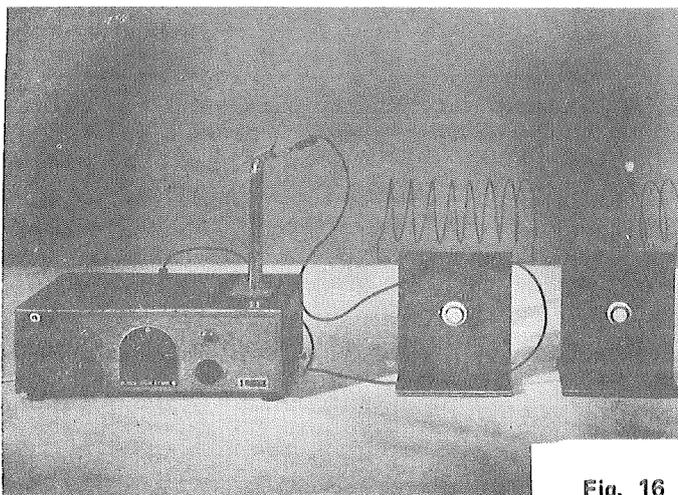


Fig. 16

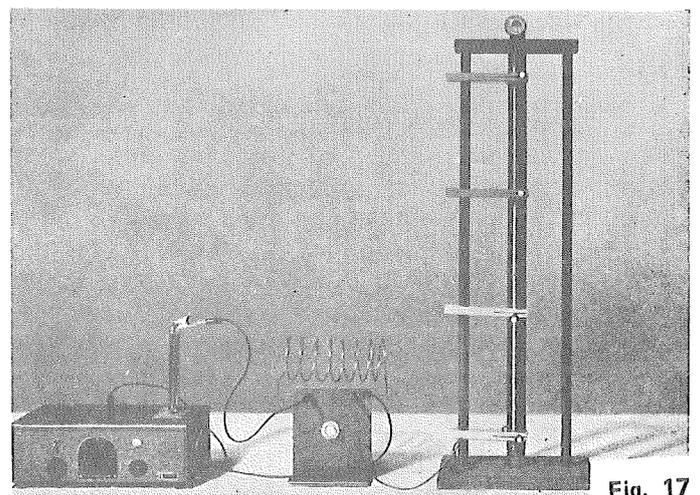


Fig. 17

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 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 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.

MISE EN MARCHÉ

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

Au bout d'une dizaine de secondes, présenter parallèlement à la boucle émettrice celle d'une ampoule 110 V (10 à 25 W), 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).

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

Effets d'induction sur des circuits fermés

a) une ampoule d'éclairage de 10 à 25 watts, 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 Blondot muni d'une ampoule pour phare de bicyclette (6 V 1 A), poignée en haut et disques de capacité au niveau de la planchette isolante, on parfait le réglage d'accord, obtenu d'abord en gros par déplacement de la lame coulissante, par le déplacement de l'un des plateaux : l'ampoule brille vivement (ventre 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 fréquence) sur fil de Lécher.
Munir le circuit émetteur E de sa glissière d'accord et disposer la boucle souple issue des fils de Lécher 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 un court-circuit et insérer à la place du fusible F un milliampèremètre fonctionnant sur calibre 150 mA (genre Didasport 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 Lécher 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 Lécher.
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 Lécher, c'est-à-dire aux nœuds de courant, et les nœuds 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 luminescent du commerce genre Philips TL 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 Lécher, sur une longueur d'onde d'environ 1,3 m, le réglage du «pont» permet de montrer deux zones éclairées de part et d'autre d'un nœud 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 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 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.

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 \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 polaroid (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 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 :

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

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

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

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

Pour une antenne demi-onde, l'impédance caractéristique Z_c est de 73 ohms . La ligne de transmission pourra être réalisée par un câble coaxial de télévision qui présente pratiquement la même impédance. Les armatures du câble (gaine et conducteur central) sont reliées d'une part à une boucle disposée parallèlement au circuit d'émission E et d'autre part à chacune des extrémités internes de l'antenne demi-onde. Le réglage est très souple, facile à opérer grâce à la fixité du niveau d'antenne, et le rendement optimum.

Pour régler au mieux sur E l'antenne à câble coaxial, mettre d à 1 m de cette dernière, à une hauteur allant d'environ 50 cm jusqu'au niveau d'antenne, approcher la boucle d'antenne à 2 cm du circuit d'émission et retoucher les coulisses d'accord de manière à obtenir le meilleur éclairage tout en vérifiant par le tube au néon les ventres de potentiel aux extrémités de l'antenne. Ajuster le bouton latéral de grille B et approcher lentement le socle support d'antenne de l'émetteur, si un décrochage d'oscillations se produit, par suite d'une trop grande absorption d'énergie, revenir en arrière.

Éléments directifs d'une antenne : l'antenne T.V. (fig. 11)

L'antenne dipôle sur ondes métriques est rarement employée seule : on augmente considérablement la puissance rayonnée dans la direction désirée en la munissant «d'éléments directifs» disposés en avant de l'antenne (éléments directeurs) et en arrière (éléments réflecteurs), l'antenne associée à l'oscillateur 741 comporte un élément directeur, légèrement plus court que l'antenne que l'on placera parallèlement à cette dernière et à une distance d'environ $1/10$ de longueur d'onde, l'élément réflecteur, un peu plus long que l'antenne est placé en arrière à une distance comprise entre $0,15$ et $0,25 \lambda$. Le gain en puissance par rapport au dipôle unique peut atteindre 6 à 7 décibels. L'effet directif est accentué, l'énergie étant répartie dans un angle solide plus restreint, une telle antenne s'appelle «antenne T.V.» à cause de son emploi en réceptrice pour les émissions de télévision.

On vérifiera que la puissance émise en arrière du réflecteur est très réduite : la plus grande partie a été reportée en avant.

Par exemple, l'émission sur antenne T.V. pour une longueur d'onde de $1,6 \text{ m}$ correspond aux réglages suivants :

Antenne proprement dit	: 70 cm
Directeur	: 60 cm
Réflecteur	: 82 cm
l_1	: 14 cm
l_2	: 30 cm
Hauteur h du curseur par rapport à la plaquette isolante	: 11 cm

On voit que l'antenne est plus courte que la demi-longueur d'onde, il y a en effet une «correction aux bouts» qui croît avec le diamètre du tube constituant l'antenne, cette dernière aurait exactement $\lambda / 2$ comme longueur si elle était formée d'un fil très fin.

Il faut aussi tenir compte de la légère perturbation introduite par la coupure centrale nécessaire au branchement du câble coaxial.

POLARISATION DE L'ONDE — IDEE DE LA LOI DE MALUS

A quelques mètres de l'antenne émettrice, l'onde est sensiblement plane, le plan de vibration du champ est horizontal et les effets d'induction seront maxima sur un récepteur linéaire parallèle à l'antenne ou sur un résonateur Blondot à plan vertical parallèle au dipôle émetteur, ils seront nuls pour la position rectangulaire. Si le récepteur linéaire fait avec l'antenne émettrice un angle u compris entre 0 et 90° , ce récepteur canalise la composante $\vec{E} \cos u$ du champ \vec{E} produit au même endroit et sera — en son centre par exemple — le siège d'un courant $i = i^0 \cos u$, i^0 étant l'amplitude du courant pour la position horizontale du récepteur. Ce dernier sera réalisé au moyen du dipôle d dont l'ampoule médiane aura été remplacé par un détecteur germanium relié par fil souple à un voltmètre sensible, comme l'appareil de mesure donne une indication sensiblement proportionnelle au courant traversant le détecteur donc à la composante du champ électrique dirigée selon l'axe du dipôle, la relation $i = i^0 \cos u$ pourra être vérifiée.

Pour faciliter l'expérience, le dipôle d peut être placé sur un support tournant gradué de 15 en 15° .

Si V et V_0 sont les indications correspondantes d'un millivoltmètre branché aux bornes du détecteur, on aura par suite :

$$V = V_0 \cos u$$

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 nuls 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 précédentes (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.

Si l'on dispose d'une cuve en verre (grand bac d'accumulateur, aquarium utilisé en sciences naturelles) aux 3/4 remplie d'eau, on peut y immerger un petit dipôle sur lequel on branchera la fiche supérieure de l'antenne T.V.

Un dipôle identique à ampoule plongé dans l'eau à la même hauteur et derrière lequel peut se déplacer une plaque métallique montrera une périodicité spatiale de l'ordre de $\lambda / 20$ (λ longueur d'onde aérienne) (fig. 14).

EXPERIENCES SUR ONDES DECAMETRIQUES (BANDE DES 50 m)

Ces expériences utilisent des selfs en solénoïde accordables par des condensateurs variables identiques à ceux qu'emploient les récepteurs de radio.

Un circuit self-capacité comme celui réf. 707 A se mettra à osciller sur une fréquence d'environ 6 MHz si on relie des bornes par des fils souples d'une part à la boucle E, d'autre part à la borne G (fig. 15).

La fréquence d'oscillation est uniquement réglée par les caractéristiques du circuit et demeure par suite indépendante du réglage par bouton latéral qui n'a plus alors aucun effet.

Soit P le circuit primaire relié à l'oscillateur, S un circuit identique jouant le rôle de secondaire, muni d'une petite ampoule médiane remplaçable par une douille court-circuitée.

a) vérifier que P est parcouru par un courant de haute fréquence (tube néon, petite ampoule à boucle insérée dans le solénoïde ou présentée à l'une de ses extrémités) (fig. 15).

b) approcher S de P, les bobines ayant même axe, les faces en regard distantes de quelques centimètres, en manœuvrant les condensateurs de P et S on trouvera une position de résonance décelée :

- par la brillance du tube néon appuyé sur une extrémité de S pendant la rotation du condensateur correspondant, le condensateur de P étant réglé à la moitié environ de sa capacité (utiliser le court-circuit).

- par l'éclat de l'ampoule à boucle insérée entre deux spires de S ou présentée à l'une de ses extrémités. On peut aussi insérer l'ampoule en série dans S, en enlevant au préalable la douille court-circuit, mais alors l'amortissement est légèrement augmenté (fig. 16).

c) tracé de la courbe de résonance.

Introduire entre les bornes de S la plaquette supportant le détecteur au germanium, puis relier les bornes à un galvanomètre genre Didaspot branché sur le calibre 10 mA (fig. 18). S et P étant tout d'abord distants de 10 cm environ (et coaxiaux) tourner le condensateur de S en observant le déplacement du spot. Si l'amplitude de ce dernier est trop faible, approcher S de P. On tracera la courbe $i = f(n)$, i étant mesuré par les divisions de l'appareil de contrôle, n correspondant aux divisions inscrites sur le cadran du condensateur, cette courbe «en cloche» présentera généralement une forme dissymétrique.

d) onde stationnaire sur grand solénoïde (fig 17).

Relier P au solénoïde par un fil souple, puis fixer un tube au néon dans la douille prévue au sommet du solénoïde, en manœuvrant lentement le condensateur de P, on voit le tube s'illuminer brusquement pour plusieurs positions du condensateur, immobiliser alors le condensateur et faire glisser le long du solénoïde une petite boucle en fil souple munie d'une ampoule 6 V 0,1 A. Constaté alors l'existence de plusieurs ventres de courant alternés avec des ventres de potentiel décalés par un autre tube au néon. Si l'on dispose de plusieurs boucles, on peut les répartir régulièrement le long du solénoïde, leurs éclairages simultanés sont très spectaculaires.

On pourra mesurer la période spatiale artificiellement réduite que permet le dispositif et vérifier l'équidistance des maxima de courant. Vérifier en manœuvrant le condensateur de P que plusieurs systèmes sont possibles, la période spatiale diminuant avec la capacité.

Le grand solénoïde présentait beaucoup d'intérêt à l'époque où on ne savait pas produire d'ondes métriques, en « comprimant » sur quelques centimètres une onde de 40 à 50 m bien que la théorie en soit délicate, il permet une intéressante démonstration.

e) principe de la télégraphie sans fil.

L'ensemble des expériences précédentes a montré aux élèves l'existence d'un « effet à distance » provoqué par les ondes électro-magnétiques, il est évident que tout signal décelable pourra servir à un système de transmission.

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.