

Nello Carrara

# Le Microonde<sup>1</sup>

*Microwaves<sup>1</sup>*Il Colle di  
Galileo

In base alla loro lunghezza, le onde elettromagnetiche sono state classificate dal Comitato Radioelettrico dell'Aia, nel 1929, nel modo seguente:

onde lunghe	<i>da</i>	30000 m.	<i>a</i>	3000 m.
onde medie	<i>da</i>	3000 m.	<i>a</i>	200 m.
onde intermedie	<i>da</i>	200 m.	<i>a</i>	50 m.
onde corte	<i>da</i>	50 m.	<i>a</i>	10 m.
onde ultracorte	<i>da</i>	10 m.	<i>a</i>	1 m.
microonde	<i>da</i>	1 m.	<i>in giù.</i>	

Le microonde, di cui tanto si parla in questi tempi, e che sono in realtà le più antiche, confinano con le onde luminose. Le celebri esperienze, con le quali Hertz riuscì a provare nel 1885 la non meno celebre teoria elettromagnetica della luce di Maxwell, furono appunto compiute con microonde di alcuni decimetri. Il Righi, successivamente, ottenne e studiò onde ancora più corte, fino a cm. 2,6 (1894).

I mezzi di cui disponevano Hertz, Righi e gli altri fisici dell'epoca, consentivano però di produrre soltanto microonde "smorzate", mentre oggi si possono generare, con vari metodi e con molta facilità "microonde persistenti". La differenza fra le une e le altre è assai notevole. Per formarcene un'idea possiamo riferirci ad un modello meccanico. Un pendolo, immerso in un mezzo resistente, che venga spostato dalla posizione di equilibrio e rilasciato in modo che oscilli liberamen-

Depending on their length, electromagnetic waves were classified by the Radioelectric Committee in The Hague, in 1929, as follows:

long waves	<i>from</i>	30000 m.	<i>to</i>	3000 m.
medium waves	<i>from</i>	3000 m.	<i>to</i>	200 m.
intermediate waves	<i>from</i>	200 m.	<i>to</i>	50 m.
short waves	<i>from</i>	50 m.	<i>to</i>	10 m.
ultrashort waves	<i>from</i>	10 m.	<i>to</i>	1 m.
microwaves	<i>from</i>	1 m.	<i>down.</i>	

Microwaves, which are subject to considerable discussion these days and which are actually the oldest, border on light waves. The famous experiences, with which Hertz was able to prove Maxwell's equally famous electromagnetic theory of light in 1885, were carried out with microwaves measuring a few decimeters. Subsequently, Righi obtained and studied even shorter waves, up to 2.6 cm (1894).

te finché si fermi, e poi venga nuovamente spostato, rilasciato e così via, rappresenta assai bene le onde smorzate; mentre le onde persistenti sono rappresentate altrettanto bene dallo stesso pendolo, mantenuto costantemente in oscillazione, grazie ad un meccanismo come quello esistente negli orologi, che lo rifornisca costantemente dell'energia necessaria per vincere gli attriti e le resistenze del moto, che tendono a fermarlo.

Le onde elettromagnetiche vengono irradiate nello spazio da appropriati circuiti elettrici, nei quali fluiscono correnti periodicamente variabili al passare del tempo (correnti oscillanti). La velocità con la quale si propagano tali onde è eguale alla velocità della luce, essendo dato il periodo dal quoziente fra la velocità della luce e la lunghezza d'onda.

Così, essendo la velocità della luce 300 milioni di metri al secondo, i periodi delle correnti oscillanti, che percorrono i circuiti da cui si irradiano le microonde, sono inferiori a 1:300.000.000 di sec.; il che significa che tali correnti, pur variando continuamente, riprendono sempre il medesimo valore alla fine di ognuno di codesti intervalli di tempo. Inversamente, se le onde elettromagnetiche, propagandosi nello spazio, investono circuiti elettrici appropriati, destano in essi correnti oscillanti dello stesso periodo.

I metodi che oggi vengono più frequentemente usati per la generazione ed anche per la rivelazione dell'esistenza delle correnti oscillanti, e quindi delle onde elettromagnetiche, sono tutti basati sull'impiego dei tubi elettronici a vuoto: diodi, triodi, tetrodi, pentodi, e così via, secondo il numero degli elettrodi con i quali i tubi sono costituiti.

The means available to Hertz, Righi and other physicists of the time, however, allowed the production of "damped" microwaves only, while nowadays it is possible to very easily generate "persistent microwaves" using various methods. The difference between them is considerable. To give you an idea, we can refer to a mechanical model. A pendulum, immersed in a resistant medium, which is moved from the balance position and released so that it oscillates freely until it stops, and is then moved again, released and so on, clearly represents damped waves; while persistent waves are represented equally well by the same pendulum, kept constantly in oscillation, thanks to a mechanism like that used in clocks, which supplies it constantly with the energy necessary to overcome the friction and resistance of motion, which tend to stop it.

Electromagnetic waves are radiated into space by appropriate electrical circuits, in which currents that vary periodically as time goes by (oscillating currents) flow. The speed at which these waves propagate is equal to the speed of light, being the period given by the quotient between the speed of light and the wavelength.

So, as the speed of light is 300 million metres per second, the periods of the oscillating currents, which run through the circuits from which the microwaves radiate, are less than 1:300,000,000 of a second, which means that these currents, while varying continuously, always resume the same value at the end of each of these intervals of time. Conversely, if electromagnetic waves invest appropriate electrical circuits as they propagate in space, they generate oscillating currents of the same period.

Le proprietà dei tubi a vuoto, e specialmente dei triodi e dei tetrodi, sono largamente note; tuttavia riteniamo non inutile accennare brevemente alle principali.

### Installazione a microonde Marconi

Nel diodo si trovano due elettrodi: il “filamento” o “catodo”, il quale, portato ad una temperatura sufficientemente elevata (ciò può farsi facendolo percorrere da una corrente elettrica adeguata, come se si trattasse del filamento di una comune lampadina ad incandescenza per illuminazione) lancia nello spazio vuoto circostante cariche elettriche negative, estremamente piccole, tutte eguali fra di loro, gli elettroni; la “placca” o “anodo”, verso la quale gli elettroni possono migrare; ciò accade soltanto quando ad essa è applicato un potenziale positivo, ed allora (Fig. 1-*a*) fluisce entro il tubo una corrente elettronica, accusata dallo strumento di misura. Quando invece la placca è negativa, gli elettroni non possono superare lo spazio interelettrodico e si addensano intorno al filamento impedendo ogni ulteriore emissione di elettroni (Fig. 1-*b*). Se poi alla placca è impresso un potenziale alternativamente positivo o negativo la corrente può passare soltanto nei semiperiodi positivi ed è sempre diretta, nei conduttori esterni al tubo, nel senso che va dal catodo alla placca.

Nel triodo, fra placca e filamento è interposto un terzo elettrodo, la “griglia”, che possiamo pensare come una reticella, attraverso le maglie della quale gli elettroni sono costretti a passare, prima di raggiungere la placca. Se si suppone che

The methods used most frequently today for the generation and also for the detection of the existence of oscillating currents, and therefore of electromagnetic waves, are all based on the use of electronic vacuum tubes: diodes, triodes, tetrodes, pentodes and so on, depending on the number of electrodes with which the tubes are made.

The properties of vacuum tubes, and especially of triodes and tetrodes, are widely known, but we still think it could be helpful to briefly mention the main ones.

### Marconi microwave installation

The diode contains two electrodes: the “filament” or “cathode”, which, brought to a sufficiently high temperature (by running an adequate electric current through it, as if it were the filament of a common incandescent lightbulb), throws extremely small negative electric charges, all equal to each other, known as electrons, into the surrounding empty space; the “plate” or “anode”, to which the electrons can migrate; this happens only when a positive potential is applied to it, and then (Fig. 1-*a*) an electronic current flows inside the tube, and is picked up by a measuring instrument. When, on the other hand, the plate is negative, the electrons cannot go beyond the interelectrode space and thicken around the filament, preventing any further emission of electrons (Fig. 1-*b*). If then an alternatively positive or negative potential is impressed on the plate, the current can pass only in positive semiperiods and is always direct, in the conductors outside the tube, in the sense that it goes from the cathode to the plate.

la placca sia mantenuta a potenziale positivo (Fig. 2), la corrente che circola fra catodo e placca dipende in grandissima misura dal potenziale di griglia. Nei tubi con più di tre elettrodi, oltre al filamento e alla placca, vi sono due o più griglie.

L'attuazione tecnica del diodo e del triodo è schematizzata nella Fig. 3.

Con i tubi a vuoto è molto facile generare, amplificare e rivelare le correnti oscillanti corrispondenti alle onde elettromagnetiche persistenti, con particolari procedimenti di semplice attuazione, divenuti ormai classici.

Tuttavia questi procedimenti conducono rapidamente ad un limite inferiore per la lunghezza d'onda: si può arrivare un poco al disotto del metro, ma non oltre. Della esistenza di questo limite può darsi una ragione molto semplice: il tempo che gli elettroni impiegano a superare gli spazi interelettrodi, così piccolo che generalmente si trascura, diventa del medesimo ordine di grandezza del periodo delle microonde ostacolandone la generazione.

Ora, proprio quando stavano per essere abbandonati i tentativi, che si dimostravano sterili, rivolti alla attuazione di generatori per onde così corte, i risultati di alcune esperienze di Barkhausen e Kurz nel 1920 aprirono una nuova via, che fu veramente feconda. Essi studiavano alcuni fenomeni particolari che si manifestarono nel corso delle prove, nel grado di vuoto raggiunto nella fabbricazione dei tubi trasmettenti: il metodo di studio richiedeva che alla griglia dei tubi venisse applicato un potenziale positivo elevato, mentre l'anodo doveva essere mantenuto ad un potenziale poco diverso da quello del filamento. I fenomeni osservati erano: *a)* la presenza di una sorgente anodica diretta nel senso placca-filamento, anche quando la placca era negativa; *b)* la manifestazione di onde cortissime.

In the triode, a third electrode, the "grid", which we can think of as a net, through the meshes of which the electrons are forced to pass before reaching the plate, is inserted between plate and filament. If the plate is assumed to be maintained at positive potential (Fig. 2), the current flowing between cathode and plate is highly dependent on the grid potential. In tubes with more than three electrodes, in addition to the filament and the plate, there are two or more grids.

The technical implementation of the diode and triode is shown in Fig. 3.

With vacuum tubes it is very easy to generate, amplify and measure the oscillating currents corresponding to persistent electromagnetic waves, with particular procedures which are easy to implement and have now become traditional.

However, these procedures quickly lead to a lower limit for the wavelength: it is possible to reach just under a metre, but not beyond. There can be a very simple reason for the existence of this limit: the time that electrons take to pass through the interelectrode spaces, which are so small that they are generally ignored, becomes the same size as the microwave period, hindering its generation.

Now, just as the sterile attempts to implement such short wave generators were about to be abandoned, the results of some of the experiences by Barkhausen and Kurz in 1920 opened up a new path, which was truly fertile. They studied some particular phenomena that occurred during the tests, in the degree of vacuum reached in the manufacturing of the transmitting tubes: the study method required that a high positive potential be applied to the grid of the tubes, while the anode had to be kept at a potential slightly different from

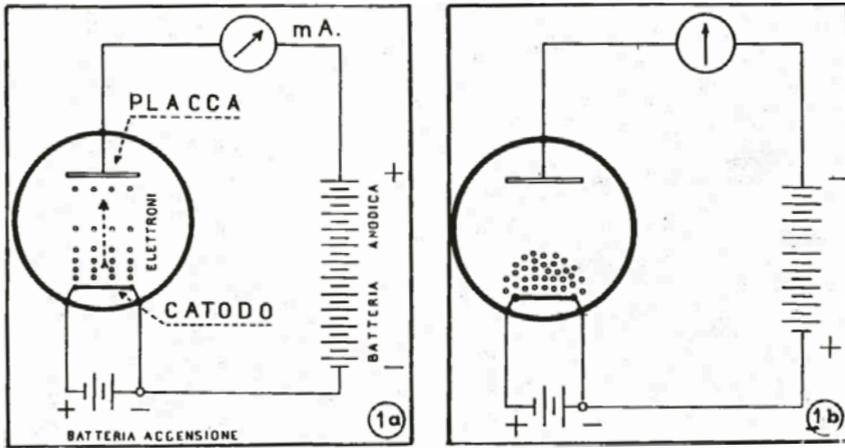


Figura 1. Diode: *a*, con placca positiva, *b*, con placca negativa.

Figure 1. Diode: *a*, with positive plate, *b*, with negative plate.

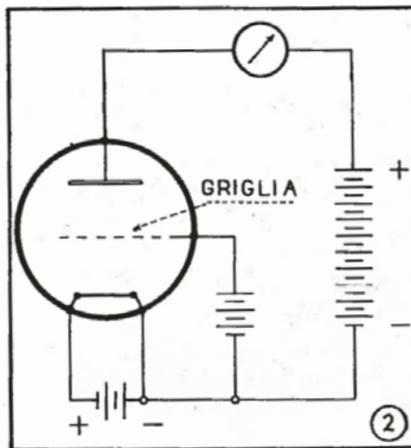


Figura 2. Triodo.

Figure 2. Triode.

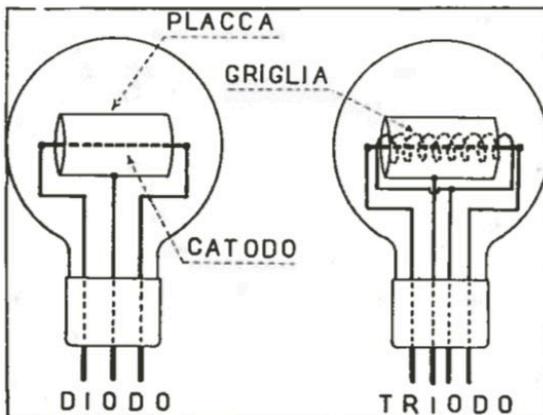


Figura 3. Schizzo di un diodo e di un triodo.

Figure 3. Sketch of a diode and a triode.

Meditando su questi risultati i due autori si convinsero che, nelle condizioni indicate, doveva essere presente, nell'interno dei tubi, una massa elettronica, in moto pendolare tra filamento e placca. Infatti gli elettroni emessi dal filamento (Fig. 4) vengono accelerati nello spazio filamento-griglia; alcuni si depositano sulla griglia, i rimanenti percorrono lo spazio griglia-placca, diminuendo continuamente di velocità (onde la denominazione di triodi a campo frenante); poi si fermano e tornano verso la griglia. Una parte di questi, attraversata nuovamente la griglia con grande velocità, si dirige, rallentando, verso il filamento, per poi tornare indietro, attraversare la griglia una seconda volta, e così via. Questi elettroni dotati di moto pendolare costituiscono una corrente oscillante, capace di irradiare le microonde nello spazio esterno al triodo, perché si può dimostrare che il loro movimento è ordinato, e cioè la maggior parte di essi oscilla in fase.

Il periodo del moto pendolare elettronico, e quindi quello delle microonde irradiate, contrariamente a quanto accade con gli oscillatori ordinari, dipende essenzialmente dalle dimensioni degli elettrodi dei tubi e dalle tensioni ad essi applicate.

Si viene in tal modo a comandare, con le tensioni applicate, il moto elettronico, ed a far sì che la causa che impedisce agli oscillatori ordinari di generare le microonde divenga, in schemi utilizzanti tubi con le tensioni invertite, proprio la causa della generazione delle medesime onde.

È bene avvertire che questa teoria si è dimostrata insufficiente alla giustificazione di tutti i fenomeni connessi con la generazione delle microonde, ed è stata perciò, a prezzo di faticosissime ricerche, accuratamente perfezionata.

that of the filament. The phenomena observed were: *a)* the presence of an anodic source in the plate-filament direction, even when the plate was negative; *b)* the manifestation of very short waves. Meditating on these results, the two authors were convinced that, under the conditions indicated, there had to be an electronic mass inside the tubes, in pendulum motion between the filament and the plate. In fact, the electrons emitted by the filament (Fig. 4) are accelerated in the filament-grid space; some are deposited on the grid, the rest run through the grid-plate space, continuously decreasing in speed (hence the name braking field triodes); then they stop and return towards the grid. Some of these, after crossing the grid again at high speed, head towards the filament, slowing down, and then go back, crossing the grid a second time, and so on. These electrons equipped with pendulum motion form an oscillating current, capable of irradiating microwaves in the space outside the triode, because it is possible to demonstrate that their movement is ordinate, meaning that most of them oscillate in phase.

The period of the electronic pendulum motion, and therefore that of the irradiated microwaves, contrary to what happens with ordinary oscillators, depends essentially on the size of the electrodes of the tubes and the voltages applied to them.

In this way, electronic motion is controlled, with the applied voltages, and the cause that prevents ordinary oscillators from generating microwaves becomes, in arrangements using tubes with inverted voltages, precisely the cause of the generation of the same waves.

It would be wise to note that this theory has proved insufficient to justify all the phenomena

I lavori compiuti da Barkhausen e Kurz costituirono il punto di partenza per un vastissimo insieme di ricerche sperimentali e teoriche, le quali sono perdurate, intensificandosi con ritmo crescente fino ad oggi.

Per la produzione delle microonde, accanto ai generatori a triodi a griglia positiva, hanno assunto recentemente notevole importanza gli “oscillatori a magnetron”.

Tali oscillatori hanno subito un grande sviluppo, che li ha portati fuori dell’ambito dei laboratori, nel dominio delle applicazioni pratiche, dove già si prevede avranno vasto impiego. Nella forma originaria, studiata e sperimentata nel 1921 da Hull e da Elder, il “magnetron” consisteva in un diodo ad elettrodi cilindrici, immerso in un campo magnetico avente la direzione del catodo, e veniva usato per la produzione di onde lunghe.

Ma il “magnetron”, come è stato rilevato in tempi più recenti da Záčěk, si presta anche a generare le microonde. Due fili paralleli (fili di Lecher) erano connessi uno con il catodo e l’altro con l’anodo (Fig. 5). Quando il campo magnetico aveva un valore leggermente superiore ad un determinato valore critico, lungo i fili di Lecher fluiva una corrente oscillante ad altissima frequenza, e venivano generate onde lunghe circa 30 cm.

Il magnetron fu successivamente studiato da moltissimi ricercatori i quali confermarono i risultati di Záčěk e constatarono che è spesso necessario, e sempre vantaggioso, inclinare di un piccolo angolo (alcuni gradi) il campo magnetico rispetto al catodo. Inoltre furono sperimentati dei magnetron con anodo diviso in due (o più di due) sezioni lungo due generatrici diametralmente opposte, ottenendo risultati migliori nei riguardi della potenza e del rendimento in confronto

connected with the generation of microwaves, and it has therefore been, at the cost of exhaustive research, carefully perfected.

The work carried out by Barkhausen and Kurz was the starting point for a vast array of experimental and theoretical research, which has continued and intensified at an increasing pace to this day.

For the production of microwaves, alongside positive grid triode generators, “magnetron oscillators” have recently taken on considerable importance.

These oscillators have undergone extensive development, which has taken them out of the laboratory environment into the domain of practical applications, where they are already expected to be widely used. In its original form, studied and tested in 1921 by Hull and Elder, the “magnetron” consisted of a cylindrical electrode diode, immersed in a magnetic field with the direction of the cathode, and was used for the production of long waves.

But the “magnetron”, as detected in more recent times by Záčěk, lends itself also to generating microwaves. Two parallel wires (Lecher wires) were connected one to the cathode and the other to the anode (Fig. 5). When the magnetic field had a value slightly higher than a certain critical value, a very high frequency oscillating current flowed along the Lecher wires, generating waves about 30 cm long.

The magnetron was subsequently studied by many researchers who confirmed Záčěk’s results and found that it is often necessary, and always advantageous, to incline the magnetic field by a small angle (a few degrees) with respect to the cathode. In addition, magnetrons

con i magnetron ad anodo intero.

Anche nel caso del magnetron, si riconosce la presenza di addensamenti di elettroni, oscillanti negli spazi interelettrodi, cui è dovuta l'attitudine alla generazione delle microonde.

Triodi di Barkhausen e Kurz e magnetron di Hull, hanno subito, nell'ultimo decennio grandissimi perfezionamenti; essi non sono più tubi ad elettrodi cilindrici ordinari usati per questo scopo particolare, sono tubi appositamente costruiti per la produzione di microonde, e sono stati inclusi da alcune ditte nei loro cataloghi, fra la loro produzione corrente (Fig. 6).

La gamma di lunghezze d'onda ottenibili col triodo è più ristretta di quella fornita dal magnetron, che si estende fino a lunghezze di pochi cm.; inoltre il magnetron è superiore al triodo per le potenze relativamente elevate e gli ottimi rendimenti che consente di raggiungere. Per contro il triodo è di più facile, comodo e sicuro funzionamento.

I risultati raggiunti con questi nuovi tipi di oscillatori, non hanno impedito il proseguimento delle ricerche sopra gli oscillatori classici, come generatori di microonde. Ed infatti si annunciano nuovi tipi di tubi di dimensioni estremamente ridotte, in cui la capacità interna e i tempi di transito, sia mediante la riduzione delle dimensioni, sia mediante altri artifici, sono stati così diminuiti, che il funzionamento classico risulta possibile, sia pure con modesta potenza, anche sulle microonde.

Per la ricezione delle microonde si possono usare varie disposizioni; inizialmente furono usati i comuni rivelatori a cristallo, ma, subito dopo, Barkhausen

were tested with an anode divided into two (or more than two) sections along two diametrically opposed generators, obtaining better results in terms of power and efficiency than whole anode magnetrons.

Also in the case of the magnetron, the presence of thickening electrons oscillating in the inter-electrode spaces is recognised, and this is what causes the aptitude to generate microwaves.

Barkhausen and Kurz triodes and Hull magnetrons have undergone great improvements in the last decade; they are no longer ordinary cylindrical electrode tubes used for this particular purpose, they are tubes built especially for the production of microwaves, and they have been included by some companies in their catalogues, among their current production (Fig. 6).

The range of wavelengths obtainable with the triode is narrower than that supplied by the magnetron, which extends up to lengths of a few cm.; moreover, the magnetron is superior to the triode in terms of the relatively high powers and excellent performance it can reach. On the other hand, the triode is easier, more comfortable and safer to operate.

The results achieved with these new types of oscillator, have not prevented the continuation of research into traditional oscillators, such as microwave generators. And, in fact, new types of very small tube have been announced, in which the internal capacity and the transit times have been diminished so much, both due to the reduction of the dimensions and to other artifices, that traditional operation is possible, albeit with modest power, also on microwaves.

Various arrangements can be used for the reception of microwaves; initially, common crystal detectors were used but Barkhausen and Kurz immediately realised that braked field triodes

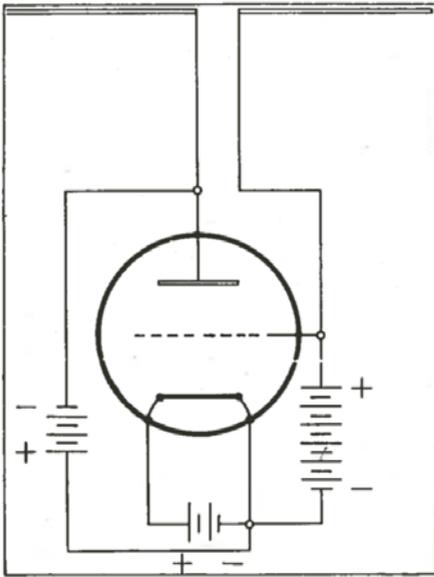


Figura 4. Triodo con griglia positiva, per la generazione delle microonde.

Figure 4. Triode with positive grid, for the generation of microwaves.

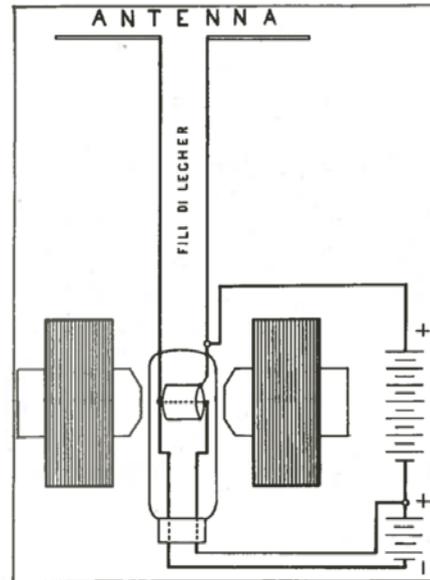


Figura 5. Schema di un magnetron per la generazione di microonde.

Figure 5. Diagram of a magnetron for generating microwaves.

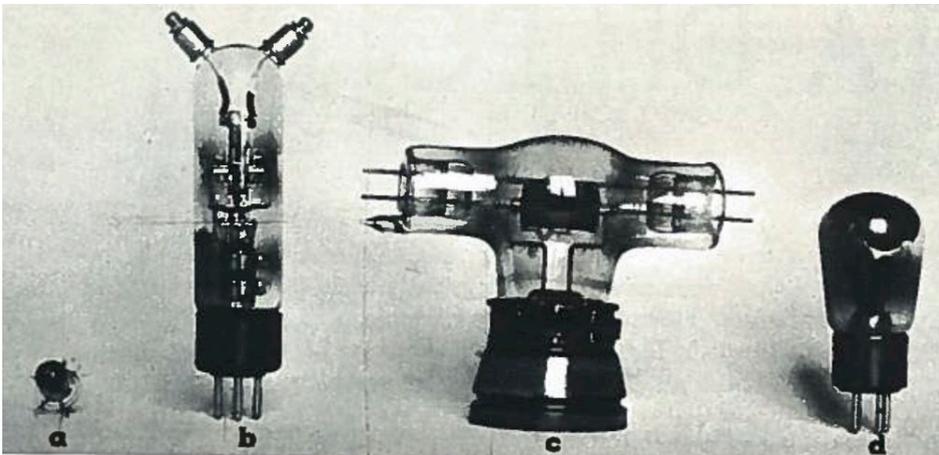


Figura 6. Generatori di microonde, di produzione commerciale corrente; a: triodo R.C.A. di dimensioni ridottissime, secondo le disposizioni classiche; b: magnetron Philips; c: triodo "Telefunken" a campo frenante; d: triodo ricevente ordinario, come paragone per le dimensioni.

Figure 6. Microwave generators, under current commercial production; a: very small R.C.A. triode, according to the traditional arrangement; b: Philips magnetron; c: "Telefunken" braking field triode; d: ordinary receiving triode, how to compare sizes.

e Kurz riconobbero che i triodi a campo frenato offrivano le migliori possibilità. Anche attualmente questi ultimi sono di gran lunga i più usati, per la loro notevole sensibilità, nonostante siasi accertato che la ricezione è possibile anche coi comuni diodi, coi magnetron e coi triodi a griglia positiva.

Da alcuni nostri studi sul rivelatore a campo frenante, è emerso che il triodo ricevente, nelle condizioni indicate (griglia a potenziale positivo, placca a potenziale nullo) si comporta non diversamente da un semplice raddrizzatore, specialmente per la proprietà di ricevere in condizioni identiche, onde di qualsiasi frequenza.

Non appena fu possibile l'attuazione di oscillatori sufficientemente potenti e di rivelatori sufficientemente sensibili, le microonde furono sperimentate nel campo delle radiocomunicazioni.

Dalle prime promettenti prove di Beauvais, Uda, Pistor, Okabe, Carrara e molti altri, si è giunti ormai all'attuazione di apparati che hanno mostrato le particolari possibilità delle microonde, quale mezzo di radiocomunicazioni, nel servizio pratico: il 31 Marzo 1931, i *Laboratoires du Matériel Téléphonique* hanno presentato ufficialmente un collegamento telefonico fra Calais e Dover (per opera di Clavier, Darbord ed altri) con onde di 18 cm.; sempre con onde di tale lunghezza è stato successivamente attuato il collegamento fra Lympre a Saint-Inglevvert (Fig. 7).

Nel 1932 Guglielmo Marconi rendeva conto di una lunga serie di esperienze, che tuttora intensamente proseguono, compiute con onde di circa 50 cm. (figura presso il titolo); dal 1931 fino ad oggi sono state svolte attivamente ricerche teoriche e sperimentali con onde di lunghezza variabile da 15 a 70 cm. (Carrara) presso il R. Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni della Marina (Fig. 8).

offered the best possibilities. Even now, the latter are by far those used most frequently, due to their remarkable sensitivity, although it has been ascertained that reception is also possible with common diodes, magnetrons and positive grid triodes.

Some of our studies on the braking field detector have revealed that the receiving triode, under the conditions indicated (positive potential grid, null potential plate) behaves not unlike a simple rectifier, particularly because of its ability to receive waves of any frequency in identical conditions.

As soon as sufficiently powerful oscillators and sufficiently sensitive detectors could be implemented, microwaves were tested in the radio communications field.

From the first promising tests by Beauvais, Uda, Pistor, Okabe, Carrara and many others, we have progressed to the implementation of devices that have shown the particular possibilities of microwaves, as a means of radio communications, in practical service: on 31 March 1931, the *Laboratoires du Matériel Téléphonique* officially presented a telephone connection between Calais and Dover (by Clavier, Darbord et al.) with waves of 18 cm. The connection between Lympre and Saint-Inglevvert was subsequently implemented with waves of the same length (Fig. 7).

In 1932, Guglielmo Marconi reported a long series of experiences, which still continue intensely, carried out with waves of about 50 cm. (figure in the title); since 1931, theoretical and experimental research has been actively carried out with waves varying in length from 15 to 70 cm. (Carrara) at the Italian Royal Navy Institute of Electrotechnics and Communications (Fig. 8).

In ognuno di questi casi sono stati usati oscillatori e ricevitori con triodi a campo frenante.

Nel 1933, la *Société Française Radio Électrique* dava notizia della realizzazione di apparati per onde di 70 cm. (M. Ponte), con magnetron, tanto in trasmissione come in ricezione (Fig. 9).

Per la loro grandissima frequenza le microonde si prestano molte bene ad essere inviate in una sola direzione, con l'aiuto di riflettori, propagandosi esse quasi esclusivamente in linea retta ed avvicinandosi assai al comportamento delle radiazioni luminose. I lavori più recenti mostrano la possibilità di ottenere sicure comunicazioni per distanze dell'ordine di centinaia di chilometri ed oltre.

L'argomento ha molto interesse per le applicazioni civili e militari. Grazie alla dirigibilità delle onde irradiate dalla stazione trasmittente, si vanno facendo tentativi per sostituire dove possa essere vantaggioso i cavi telefonici, mantenendo la segretezza delle comunicazioni, che non possono essere intercettate agevolmente se non con ricevitori disposti lungo la congiungente trasmettitore-ricevitore. È stato tentato più volte di raggiungere questo risultato ricorrendo anche ai raggi ultravioletti e ultrarossi. Tuttavia in questi casi le comunicazioni rimangono inevitabilmente interrotte quando manchi la trasparenza dell'atmosfera; mentre la propagazione delle microonde non è affatto disturbata.

Una recentissima applicazione delle microonde, di particolare importanza, è stata effettuata da Marconi. Grazie a questo ritrovato è possibile mantenere una nave su di una rotta prestabilita, per un tratto della lunghezza di una trentina di chilometri e con uno scarto angolare inferiore ad un grado. È evidente l'utilità di

In each of these cases, oscillators and receivers with brake field triodes were used.

In 1933, the *Société Française Radio Électrique* reported the manufacture of wave devices measuring 70 cm. (M. Ponte), with magnetrons, both transmitting and receiving (Fig. 9).

Due to their very high frequency, microwaves lend themselves very well to being sent in one direction only, with the help of reflectors, spreading almost exclusively in a straight line and closely approaching the behavior of light radiation. The most recent works show the possibility of obtaining secure communications for distances of hundreds of kilometers and more.

This topic is of great interest for civil and military applications. Thanks to the ability to direct the waves radiated by the transmitting station, attempts are being made to replace telephone cables, where beneficial, maintaining the secrecy of communications, which can only be intercepted easily with receivers arranged along the transmitter-receiver link. Several attempts have been made at achieving this result, including the use of ultraviolet and ultra-red rays. However, in these cases, communications are inevitably interrupted when there is a lack of transparency in the atmosphere, while the propagation of microwaves is not disturbed at all.

A very recent application of microwaves, of particular importance, has been carried out by Marconi. Thanks to this discovery it is possible to keep a ship on a pre-established course, for a distance of about thirty kilometers and with an angular deviation of less than one degree. The usefulness of this discovery in the case of navigation with fog or in the dark, at the entrance to ports or near rocks, is evident.

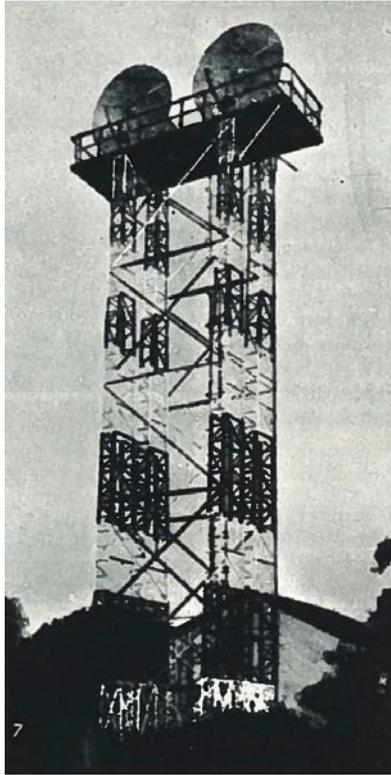


Figura 7. Installazione a microonde a Lypne.  
Figure 7. Microwave installation in Lypne.

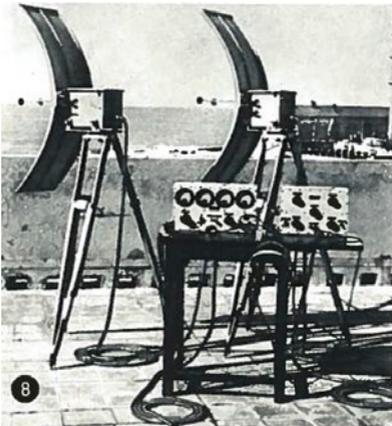


Figura 8. Installazione a microonde della R. Marina Italiana (Carrara).  
Figure 8. Italian Royal Navy microwave installation (Carrara).

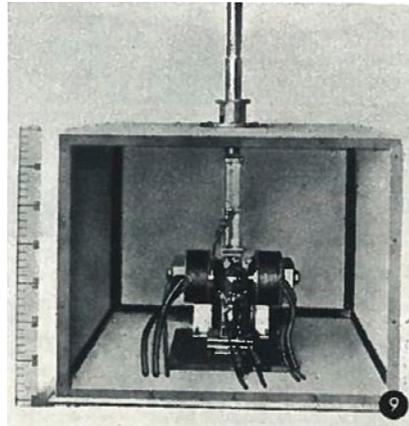


Figura 9. Oscillatore a magnetron della Soci t  Française Radio El ctrique (M. Ponte).  
Figure 9. Soci t  Française Radio El ctrique magnetron oscillator (M. Ponte).

tale ritrovato nel caso di navigazione con nebbia o nella oscurità, alla entrata dei porti, od in vicinanza di scogli.

Da quanto precede si può rilevare la vastità e la portata dei lavori compiuti durante i tre lustri che decorrono dalle prime esperienze fondamentali di Barkhausen e Kurz, nel campo delle microonde. E di tali lavori, frutto di una collaborazione mondiale, quelli citati costituiscono solo una parte assai limitata.

Abbiamo la soddisfazione di potere affermare che il contributo apportato dagli studiosi italiani è veramente cospicuo e non occorre ricordare l'opera di Marconi, dei cui lavori il pubblico è stato costantemente tenuto al corrente.

Un'opera silenziosa quanto assidua, è stata svolta ininterrottamente, da oltre cinque anni, presso l'*Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni della R. Marina* (Carrara). Molti altri studiosi italiani (Rostagni, Todesco, Ranzi, Giacomini, de Fassi, Salom, Pincioli ed altri) hanno rivolto la loro preziosa attività a questo campo, conseguendo risultati di grande interesse.

## Note

<sup>1</sup> Questo articolo è tratto dalla rivista SAPERE, vol II, no. 17 del Settembre 1935 editore Ulrico Hoepli.

The magnitude and scope of the work carried out during the three decades since the first fundamental experiences of Barkhausen and Kurz in the field of microwaves can be seen from that stated above. And only a very limited part of this work, which is the result of worldwide collaboration, is mentioned.

We are pleased to say that the contribution made by Italian scholars is truly conspicuous and it is not necessary to mention the activity of Marconi, whose work is being reported constantly to the public.

A silent and assiduous job has been carried out continuously for over five years at the Italian Royal Navy Institute of Electrotechnics and Communications (Carrara). Many other Italian scholars (Rostagni, Todesco, Ranzi, Giacomini, de Fassi, Salom, Pincioli et al.) have devoted their valuable efforts to this field, achieving results of outstanding interest.

## Notes

<sup>1</sup> This article is taken from the journal SAPERE vol II no 17 dated September 1935 published by Ulrico Hoepli



Figura 10. La copertina del numero di SAPERE, vol II, no. 17 del Settembre 1935, da cui è tratto il presente articolo.

Figure 10. The cover of the issue of SAPERE, vol II, no. 17 dated September 1935, from which this article is taken.