

Sydney Hampton

# COME COSTRUIRE UNA RADIO con 3000 lire



Guida pratica all'elettrotecnica, la professione  
dall'AVVENIRE SICURO

## COME FUNZIONA LA RADIO

Vi devo confessare che ogniqualevolta mi capita di riflettere sul miracolo della radio, ancora oggi provo in fondo al mio animo una sensazione di incredulità. Chi nell'antichità avesse osato profetizzare che l'uomo avrebbe un giorno usato di apparecchi con cui comunicare a distanze immense con i suoi simili, sarebbe stato trattato da visionario e certamente nessuno gli avrebbe dato retta.

Eppure ci è concesso di vedere solo gli inizi di una scienza, nata meno di ottant'anni fa, che di anno in anno mantiene viva l'attenzione del mondo sulle sue continue mirabili conquiste.

Davanti ad una tale dimostrazione, dobbiamo rivolgere un pensiero di ringraziamento a Chi ha provveduto l'Universo in cui viviamo di una Natura così ricca di forze e di energie comprensibili a noi e sfruttabili ai nostri fini.

Come premessa voglio rincuorare il lettore che, non molto pratico di questa branca tecnica, si accinge con diffidenza a leggere il mio scritto. Con poca pazienza la diffidenza si trasformerà nella meraviglia che anch'io provo. Il mistero si chiarirà, per riformarsi più fitto solo agli estremi limiti della conoscenza attuale.

Ma ora analizziamo con cura i fenomeni elettromagnetici.

Nel più disastroso dei casi, voi avete udito dei suoni intelleggibili uscire dall'apparecchio radio e avete immaginato che questi suoni si sono formati a grandissima distanza. Ma come arrivano all'apparecchio ricevente? E come vengono trasformati per attraversare lo spazio?

Cominciamo da qui.

Sapete che cos'è un'onda?

Un pettegolezzo nato a Roma raggiunge assai presto Milano, anche se nessuna delle persone che direttamente partecipa a trasmetterlo, viaggia fra le due città. L'onda marina può spostarsi fino ad attraversare l'oceano, ma non per questo si spostano le particelle di acqua e di sale in esso disciolte. Il vento, soffiando su di un campo di grano, produce un'onda che attraversa l'intero campo, ma lascia alla fine ogni spiga al proprio posto. Possiamo dire che l'onda si sposta ed arriva molto lontano, ma non comporta uno spostamento effettivo nel mezzo che la ospita. Possiamo anche dire che il moto dell'onda non è moto di materia, ma dell'energia che provoca l'onda.

Questo concetto vi sembrerà chiaro se avete osservato un'onda, ma se non l'avete mai fatto, io vi consiglio di interrompere questa lettura per dedicarvi allo studio di un piccolo bacino d'acqua (un catino, una vasca o qualsiasi superficie tranquilla a disposizione). Comincerete col provocare un'onda con un movimento della mano proporzionale alla superficie che avete a disposizione, poi passerete a constatare come un turacciolo galleggiante venga superato da un'onda senza subire apprezzabili spostamenti oriz-

zontali e infine osserverete il propagarsi in ogni direzione e lo smorzarsi graduale delle onde circolari provocate lasciando cadere qualcosa nell'acqua.

Le onde si formano dappertutto vi sia un movimento e percorrono qualsiasi mezzo. Esse sono visibili in un liquido quando raggiungono una certa dimensione, ma non lo sono sempre quando le osserviamo in altri mezzi.

Vi sono onde nei solidi. Pensate che voi udite la vostra voce perchè le onde sonore emesse dalla laringe si propagano per conduzione ossea al timpano, invece i vostri amici le ascoltano dopo che si sono propagate nell'aria: per questo vi capita di non riconoscere la vostra voce se la sentite al registratore. Provate ad appoggiare l'orecchio al tavolo e sentirete un colpo battuto su di esso molto più sonoramente che non ricevendo le stesse onde attraverso l'aria.

Vi sono onde nei fluidi (proprio le onde sonore con le quali noi comunichiamo usando la trasmettente della bocca e la ricevente dell'orecchio).

Vi sono infine onde per noi interessantissime che fanno vibrare il campo elettromagnetico.

Qui la nostra immaginazione non deve tradirci: dobbiamo figurarci un oceano infinito in cui è immersa la terra, la luna, il sistema solare e l'universo tutto. Ma questo oceano non è formato da particelle materiali bensì da un «qualche cosa» che si presta alla trasmissione delle onde elettromagnetiche così come il mare trasmette le onde nella sua acqua e l'aria le onde sonore.

Questo oceano è il **Campo elettromagnetico**. Esso è sempre esistito: è una caratteristica di quella parte

dell'universo che conosciamo. Dal giorno della Creazione esso viene solcato dalle onde elettromagnetiche — cioè le stesse del nostro telegrafo, della radio e della televisione — che sono generate da fenomeni naturali, come il fulmine, e non vengono captate da nessuno.

Ritornando a considerare le casalinghe onde nell'acqua, che ci fanno da modello per studiare il fenomeno delle onde elettromagnetiche, che sfugge ai nostri sensi, prendiamo nota delle principali caratteristiche delle onde.

a) La «velocità di propagazione» dell'onda è la velocità con cui l'onda si sposta dal punto in cui viene generata, verso i confini del campo a sua disposizione.

b) La «lunghezza d'onda», termine oggigiorno tanto comune, è la distanza che separa la cresta dell'onda da quella dell'onda seguente.

c) La «frequenza» è una grandezza in proporzione con la velocità di propagazione e con la lunghezza d'onda e rappresenta il numero di onde che viene emesso in un dato tempo.

La velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica nel vuoto è di 300.000 Km. al secondo, cioè 300.000.000 di m/sec. A titolo di paragone annotiamo che la velocità delle onde sonore è di 5104 m/sec. nell'alluminio, 1437 m/sec. nell'acqua, 317 m/sec. nell'ossigeno e circa 340 m/sec. nell'aria a dieci gradi di temperatura. Questa velocità si mantiene costante per uno stesso tipo di onda in un determinato mezzo, ad una data temperatura.

La lunghezza d'onda e la frequenza invece sono grandemente variabili. Le onde sonore udibili all'o-

recchio umano hanno lunghezze d'onda variabili tra 21.000 e 2 cm. e frequenze tra i 16 e i 20.000 hertz. Le onde usate nel campo delle radiocomunicazioni variano fra alcuni Km. e pochi cm. di lunghezza d'onda e frequenze da 10 a 300.000 kilocicli.

A questo proposito osserviamo il fenomeno curioso che durante una trasmissione radio il suono arriva più velocemente alle orecchie del radiocasciatore che a quelle dello spettatore diretto seduto nell'ultima fila di poltrone dell'auditorio. Infatti il suono — le onde sonore — si propaga nell'aria ad una velocità enormemente inferiore alla sbalorditiva velocità delle onde elettromagnetiche.

Vi potrà anche capitare stando seduti in fondo ad una grande sala cinematografica che i suoni vi arrivino leggermente sfasati rispetto alla visione delle azioni che li provocano. Sedendo ad 80 metri dall'altoparlante, il suono impiega un quarto di secondo a raggiungervi, mentre l'immagine visiva è praticamente istantanea. Sono avvertibili sfasature anche di un decimo di secondo. Questo leggero inconveniente non potrà capitarvi davanti ad un apparecchio televisivo, perchè in questo caso sia l'immagine che il suono vengono trasmessi per mezzo delle onde elettromagnetiche e percorrono quindi apprezzabili distanze in tempi uguali.

Ma ci stiamo distraendo. Vi accorgete a questo punto che parlandovi delle onde radio ve ne ho descritto le principali caratteristiche, ma non vi ho chiaramente spiegato cosa sono ed in che cosa consiste questo fantomatico campo elettromagnetico attraverso il quale esse si spandono.

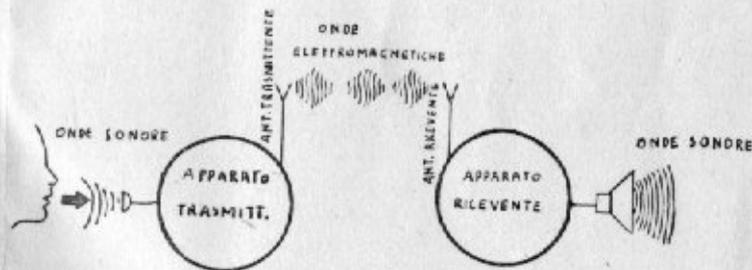
Ho un'ottima scusante. Nessuno conosce esattamente la natura di questi fenomeni.

Vi sono numerosi problemi in fisica che restano insoluti. L'uomo si accontenta di conoscere come manovrare utilmente i fenomeni naturali, anche se non sa che cosa siano.

Vi sono molte forze che vennero sfruttate dall'uomo fin dal suo apparire sulla terra, senza conoscere la natura intima e anzi talvolta senza nemmeno accorgersi di usarle. Tra di esse vi è la forza di gravità (che viene usata per camminare e muoversi), l'onda sonora e la luce, che ha stretti rapporti con tutti i fenomeni elettromagnetici. Ma ai fini pratici di comunicare fra noi basta conoscere con la massima esattezza come le onde radio si comportano, come si diffondono, come vengono emesse e come vengono captate. Soprattutto è importante che noi siamo riusciti a modularle a nostro piacimento.

Nella radiofonia il suono, che è vibrazione dell'aria, viene trasformato per mezzo dell'apparecchio chiamato microfono in corrente elettrica modulata a bassa frequenza, del tipo di quella che percorre i cavi telefonici. In questo stato viene trasportata per filo fino alla stazione trasmittente, sottoponendola agli ampliamenti del caso se il percorso lo richiede. Alla stazione trasmittente viene trasformata da gigantesche valvole in corrente elettrica modulata ad alta frequenza, cioè del tipo adatta a generare onde radio ad alto potenziale. Finalmente la corrente, che ha conservato le caratteristiche modulazioni dovute ai suoni che rappresenta, arriva alla fase finale della trasmissione: l'antenna e da qui si irradia nello spazio.

L'antenna dell'apparecchio ricevente riceve esilissime correnti ad alta frequenza, emesse da varie stazioni trasmittenti, e le invia ad appositi filtri perchè possano discernere le lunghezze d'onda che si desiderano ascoltare. La corrente allora passa ad una speciale valvola detta rivelatrice che converte la corrente a bassa frequenza, adatta ad essere ritrasformata in onda sonora dall'altoparlante. Passa quindi in valvole che la potenziano enormemente, utilizzando la corrente non modulata che viene fornita all'apparecchio dalla « presa di corrente » o dalla batteria e finalmente arriva all'altoparlante che la trasforma in suono.



La trasmissione radiofonica

Tutto questo avviene a fantastica velocità e molto prima che abbiate detto « Bah! », il canto di un tenore di New York può subire queste molteplici trasformazioni ed arrivare fino a voi.

Riepiloghiamo per maggior chiarezza le tappe del meraviglioso viaggio dell'onda sonora:

Onda sonora.

Microfono che la trasforma in corrente elettrica.

Amplificatori per trasportarla alla stazione trasmittente.

Stazione trasmittente dove viene trasformata ad alta frequenza.

Antenna che la trasforma in onde radio.

.....

Antenna ricevente.

Filtri d'onda.

Valvola rivelatrice che la trasforma a bassa frequenza.

Valvole amplificatrici.

Altoparlante.

Onda sonora.

Questo schema rudimentale va imparato per benino, perchè ci servirà da guida nell'esame approfondito dell'apparecchio ricevente. Ma per essere completi, diamo una scorsa a tutto il viaggio dell'onda sonora.

## II

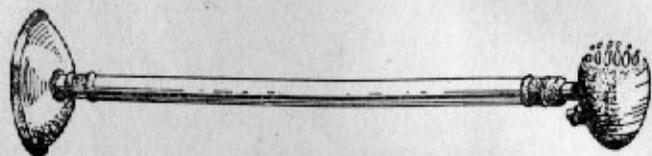
### DOVE SI PRODUCONO I SUONI DA TRASMETTERE

Il meccanismo grazie al quale voi potete ascoltare una trasmissione inizia nel palazzo della radio. Oggi si può trasmettere da qualsiasi luogo — campi sportivi, aeroporti, teatri — ma per fare una buona trasmissione si usano tanti e tali impianti che conviene generalmente dar vita alle trasmissioni negli appositi auditori o ricorrere a registrazioni.

Gli auditori sono luoghi isolati la cui ampiezza varia da quella di una stanzetta, adatta al solo annunciatore, al grande teatro contenente spettatori, dove si possono svolgere giochi radiofonici, grandi concerti ecc. Queste sale sono di costruzione accurata per evitare fenomeni acustici dannosi e per dare ai suoni calore e pastosità. Ogni auditorio generalmente ha caratteristiche specifiche che lo rendono adatto ad un certo tipo di programma e la prima qualità curata è, naturalmente, il completo isolamento dai rumori esterni.

Nell'auditorio e nelle stanze adiacenti si trova l'impianto microfonicamente adatto al tipo di trasmissioni che si effettuano in esso. L'annunciatore si accontenta di un solo microfono, ma la trasmissione di un'opera

lirica richiede più microfoni sparpagliati nella sala, per ben dosare il suono di ogni singolo gruppo di strumenti.



Microfono

Questa dosatura viene effettuata da tecnici che si trovano in una saletta isolata rispetto all'auditorio, ma dalla quale possono tener d'occhio il medesimo attraverso una vetrata. In questa saletta vengono convogliati i cavi dei microfoni per ricevere la regolazione e la dosatura migliore onde ottenere lo scopo voluto. In una trasmissione di Jazz, ad esempio può essere importante dare maggior rilievo ad alcuni strumenti senza disturbare gli artisti o raccogliere con alcuni microfoni una data gamma di suoni piuttosto che un'altra. La corrente modulata dei microfoni, dosata dal tecnico-regista, viene raccolta in un cavo ed amplificata per mezzo di alcune grandi valvole elettroniche. Dopo un ulteriore controllo eseguito da tecnici su appositi strumenti di misura, onde evitare distorsioni ed interferenze, la corrente modulata viene inviata alla, o alle stazioni trasmittenti tramite appositi cavi isolati. Se il percorso è particolarmente lungo, si rende necessario amplificare la corrente ogni 80 Km., perchè arrivi a destinazione con intatte le sue caratteristiche di modulazione.

## La stazione trasmittente

Il compito della stazione trasmittente è quello di ricevere la corrente modulata a bassa frequenza in arrivo dal microfono e di trasformarla, conservandone le caratteristiche di modulazione, nel miglior tipo di corrente adatto ad emettere onde elettromagnetiche. Infatti il microfono riceve onde sonore ad una certa frequenza e di una certa lunghezza, ma queste caratteristiche delle onde sonore, che vengono trasformate in variazioni di corrente elettrica, non sono sullo stesso piano delle caratteristiche richieste alle onde elettromagnetiche.

La frequenza delle onde sonore in un secondo è diversa per i diversi suoni, ma si mantiene molto bassa: i suoni bassi sono generati da onde sonore all'incirca della frequenza di 100 onde al secondo, ognuna della lunghezza di metri 3,32, mentre i suoni alti possono essere formati da 1.000 onde di 33 cm. al secondo. Sarebbe impossibile emettere onde elettromagnetiche ad una frequenza così bassa. Il campo elettromagnetico per vibrare ha bisogno di frequenze altissime: decine di milioni di onde al secondo!

Come si supera l'ostacolo di una corrente modulata, cioè di una corrente che nella variazione della sua tensione riproduce le variazioni e le caratteristiche dei suoni da cui ha avuto origine, ad una gamma di frequenze molto bassa, mentre abbiamo bisogno una corrente ad altissima frequenza, pur con la stessa modulazione, per irradiare nello spazio le onde radio?

Per comprendere la differenza fra la modulazione

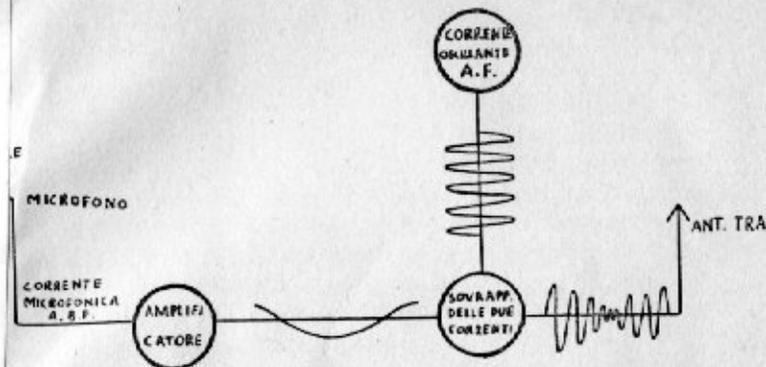
della corrente, la sua frequenza e la sua lunghezza d'onda, ricorriamo alla rappresentazione grafica della corrente.

Il microfono consiste in una membrana atta a vibrare con lo stesso ritmo dei rumori esterni. Dietro alla membrana si trovano dei granuli di carbone in cui viene fatta passare una leggera corrente continua. I granuli di carbone permettono il passaggio della corrente elettrica, ma secondo la pressione cui sono sottoposti, la corrente passerà imperfettamente (se non c'è pressione e quindi il contatto fra i granuli è imperfetto), oppure passerà senza difficoltà se la pressione stringerà l'un l'altro i granuli in un contatto più stretto. Naturalmente la pressione sui granuli di carbone è data dalla vibrazione della membrana allo stimolo del suono.

Questa corrente subirà quindi variazioni di intensità in diretta corrispondenza con le onde sonore che sollecitano la membrana. Ecco quindi due primi tipi di corrente elettrica: quella ad intensità costante, fornita dal generatore di corrente, che rappresenteremo come una linea retta e quella ad intensità variabile, o corrente microfonica che viene indicata simbolicamente come una linea dolcemente ondulata. Queste ondulazioni costituiscono la modulazione della corrente e contengono nella loro forma l'importante messaggio captato col microfono.

Gli amplificatori che agiscono sulla corrente per rendere possibile il suo trasporto alla stazione trasmittente, amplificano la sua intensità, conservando però intatte le variazioni, cioè la modulazione.

Nella stazione trasmittente vi sono dei potenti generatori di corrente che forniscono la corrente oscil-



Stazione trasmittente

lante ad altissima frequenza, adatta a trasformarsi in onde radio, ma questa corrente non ha modulazione e, inviata alla trasmissione, non darebbe che un solo segnale continuo. Rappresentiamo questa corrente con una linea a forte ondulazione. Nelle gigantesche valvole della stazione trasmittente la corrente microfonica viene sovrapposta alla corrente oscillante di cui abbiamo detto, secondo un processo che vi sarà chiaro quando avremo studiato meglio le valvole termioniche, e si ottiene una corrente ad alta frequenza modulata con le stesse caratteristiche della corrente microfonica: la rappresentiamo con la linea della corrente ad alta frequenza, ma sagomando la loro ondulazione proprio con la stessa forma che aveva la corrente microfonica.

Riassumendo questo processo, la vibrazione dell'aria viene «sovrapposta» una prima volta alla corrente continua che passa nel microfono e cede a questa la sua modulazione. Nella centrale di trasmis-

sione questa corrente modulata a bassa frequenza viene «sovrapposta» ad una corrente oscillante a frequenza altissima e dà origine ad una corrente modulata ad alta frequenza.

La corrente oscillante viene fornita al trasmettitore con una lunghezza d'onda fissata, in modo che ogni trasmettente irradii intorno a sé onde elettromagnetiche che non possano confondersi o interferire con quelle di altre stazioni. Ad esempio il «Radiocorriere» ci informa che la frequenza di trasmissione della stazione Milano I, è di 814 kHz.

Il chilohertz è una unità di misura e vuol significare mille oscillazioni al secondo (un Hertz è una oscillazione al secondo). Dalla frequenza su cui trasmette la stazione di Milano, possiamo calcolare la lunghezza d'onda che è caratteristica di una e solo una stazione trasmettente (a meno di speciali interferenze volute, di solito in dipendenza di situazioni politiche). Per risalire alla lunghezza d'onda, ragioniamo così: la velocità con cui si spandono le onde elettromagnetiche è di 300.000.000 metri al secondo e nello stesso secondo il trasmettitore di Milano emette 814.000 onde allacciate l'una all'altra senza interruzioni.  $300.000.000 : 814.000 = 368,6$  metri per ciascuna onda.

A proposito sottolineiamo che questa lunghezza di onda viene espressa in metri, ma non ci è di nessuna utilità pratica sapere che un'onda è lunga tanti metri. In particolare la lunghezza dell'onda non ha rapporti con la portata del trasmettitore.

Le onde si espandono a maggiore o minore distanza secondo l'energia con cui vengono emesse. Questa energia viene fornita da una sorgente (centrale

elettrica) al trasmettitore perchè a sua volta questi «spinga» a tutta forza le onde intorno a sé e permetta, sia di farle captare molto lontano, che di riceverle molto forti e chiare nelle stazioni più vicine. L'unità di misura della potenza del trasmettitore è il Kilowatt ( $Kw = 1.000$  watt).

Siccome ogni trasmettente opera su una frequenza diversa e conseguentemente irradia nello spazio onde elettromagnetiche di diversa lunghezza, ci interessa conoscere di quale campo d'operazione possiamo disporre per trasmettere segnali radio.

Per le comunicazioni radiofoniche si utilizzano onde di frequenza fra i 10 m. e i 2.000. Ragioni tecnologiche richiedono però di suddividere questo campo d'azione delle onde radio in gamme di minore ampiezza, e precisamente avremo:

#### **La gamma delle onde lunghe :**

Lunghezza d'onda . . . .	da 850 a 2000 metri.
Frequenze usate . . . . .	da 350 a 150 chilocicli.
Disturbi . . . . .	molto forti.
Ricerca delle stazioni . .	molto facile.
Uso . . . . .	industriale.

#### **La gamma delle onde medie :**

Lunghezza d'onda . . . .	da 160 a 600 metri.
Frequenze usate . . . . .	da 1650 a 500 chilocicli.
Disturbi . . . . .	abbastanza forti.
Ricerca delle stazioni . .	abbastanza facile.
Uso . . . . .	teletrasmissioni normali.

### La gamma delle onde corte :

Lunghezza d'onda . . . .	da 52 a 25 metri.
Frequenze usate . . . . .	da 5800 a 12.000 chilocicli.
Disturbi . . . . .	deboli.
Ricerca delle stazioni . .	difficile.
Uso . . . . .	teletrasmissioni a grande distanza secondarie.

### La gamma delle onde cortissime :

Lunghezza d'onda . . . .	da 12 a 25 metri.
Frequenze usate . . . . .	da 25.000 a 12.000 chilocicli.
Disturbi . . . . .	molto deboli.
Ricerca delle stazioni . .	molto difficile.
Uso . . . . .	modulazione di frequenza trasmissioni televisive.

In questa tabella i valori indicati sono quelli usati praticamente e non quelli effettivi teorici. I limiti estremi di ogni gamma variano da apparecchio ad apparecchio e questo dipende da particolari ragioni costruttive. Gli apparecchi che usano una gamma più limitata, ricevono naturalmente un minor numero di stazioni e rinunciano alle stazioni che trasmettono su una lunghezza d'onda che è al limite della gamma.

La gamma più usata è quella delle onde medie, che è anche considerata la gamma principale.

Nella tabella che abbiamo sopra esposta, noterete che vi sono notate delle caratteristiche di ogni lunghezza d'onda, come i disturbi e la difficoltà di ricerca delle stazioni. La ragione della maggiore o minore variabilità dei disturbi va ricercata soprattutto nelle fonti naturali di onde radio. Quanto alla

difficoltà di ricerca delle stazioni, occorre osservare, che più corta è l'onda, più è difficile captarla ed isolarla per mezzo degli strumenti che sono a nostra disposizione nell'apparecchio ricevente. Questa difficoltà risulta evidente osservando la scala parlante (o il quadro che reca il nome di tutte le stazioni) del vostro apparecchio: in esso le stazioni ad onda lunga occupano un vasto tratto, mentre quelle ad onda cortissima occupano un tratto molto breve. Quando si agisce sul comando per spostare l'indice della scala parlante, anche spostandoci velocemente captiamo facilmente tutte le stazioni ad onda lunga (ad es. di 2.000 metri) e dobbiamo invece fare molta attenzione a non saltare le stazioni nella gamma d'onda di poche decine di metri. La differenza appare evidente perfino osservando le stazioni della stessa gamma d'onda.

### Le onde radio nello spazio

La corrente modulata che abbiamo ottenuto dal microfono, enormemente potenziata dalla corrente oscillante ad alta frequenza ed ancora ampliata per raggiungere i valori desiderati al fine della trasmissione, viene infine inviata all'antenna. Nell'antenna le oscillazioni della corrente si trasformano una per una in oscillazioni del campo elettromagnetico, dando origine alle onde elettromagnetiche. Queste ultime iniziano il loro viaggio verso le antenne riceventi.

Le onde emesse dall'antenna sono dette sferiche, perchè si propagano da un punto dello spazio, tutto all'intorno. Anche se il mezzo in cui si propagano non fosse assorbente, il fatto di espandersi in un enorme volume (in un secondo riempiono una sfera di

3.000.000.000 metri di raggio), comporta che esse si affievoliscano grandemente. Potete immaginare l'antenna come una candela che irradia luce nello spazio intorno a sé: avanti, indietro, di fianco, in alto, in basso. Quella stessa luce che potrebbe essere sufficiente alla lettura alla distanza di due metri, a dieci metri non permette più di distinguere un volto umano e a cento la si scorge appena.

Capirete dunque che, perchè la trasmissioni a grande distanza siano possibili, avremo bisogno di disporre di apparecchi sensibilissimi, in un mezzo poco assorbente attraverso il quale inviare le onde radio e di stazioni che trasmettono a grandissima potenza.

Tuttavia, pur avendo a disposizione tutto questo, le trasmissioni a grande distanza non sarebbero ancora possibili se non ci venisse in soccorso la ionosfera, cioè lo strato superiore dell'atmosfera d'aria che avvolge la terra.

Ma procediamo con ordine.

Le onde radio possono diffondersi in qualsiasi mezzo — o quasi —, perchè il campo elettromagnetico permea tutta la materia. Ma la vibrazione elettromagnetica entra in risonanza con la materia ovunque passa e comporta quindi anche una vibrazione delle singole molecole che la compongono. La vibrazione della materia sottrae molta energia all'onda elettromagnetica, proporzionalmente alla sua densità specifica, alla sua conduttività magnetica, ecc. E non sapendo come sfogare queste vibrazioni le trasforma in calore, cioè in una forma di energia completamente inutile ai fini di una trasmissione radio.

E' come dire che ogni molecola di materia è come una piccolissima antenna ricevente alla quale, però,

non è collegato nessun apparecchio di ascolto. In ogni molecola si forma una leggerissima corrente elettrica modulata, frutto delle vibrazioni del campo elettromagnetico e questa corrente passa quasi totalmente da una molecola all'altra, trasmettendosi di corpo in corpo, se la conducibilità elettrica è elevata; si trasforma invece in calore — proprio come nella stufa elettrica — se incontra resistenza.

Le molecole dell'aria hanno una buona conducibilità elettrica e trasmettono le onde radio senza quasi derubarle di energia. Ma tutti gli oggetti composti di una materia più densa (alberi, cespugli, costruzioni, terreno, acqua ecc.) assorbono gran parte della potenza di cui le onde sono dotate fino ad esaurirle totalmente.

Se inviassimo onde radio solo orizzontali, parallele al terreno, in 50 o 100 Km., esauriremmo qualsiasi carica di energia ed esse non sarebbero più captabili a maggiori distanze. A ciò si aggiungerebbe la curvatura della terra, che le onde non potrebbero seguire perchè viaggiano in linea retta e potremmo toglierci dalla testa le telecomunicazioni.

Ma noi inviamo onde in tutte le direzioni e quindi non solo intorno a noi parallelamente al terreno. Inviamo onde verso il basso, che si perdono rapidamente e onde verso l'alto, in tutte le possibili inclinazioni.

Le onde inviate verso l'alto dovrebbero diventare ben presto onde spaziali e perdersi nell'immensità dello spazio verso le stelle infinitamente lontane e gli altri corpi celesti. A questo punto la natura ci viene inaspettatamente in aiuto e pone nella parte più alta dell'atmosfera terrestre uno specchio riflettente

i raggi di onde elettromagnetiche, dimodochè i medesimi vengono riflessi sulla terra.

Lo specchio che si rivela tanto utile si trova nella ionosfera, dove i raggi ultravioletti che il sole invia sulla terra, ionizzano l'aria estremamente ricca di azoto che si trova a quell'altezza e appunto questi strati d'aria ionizzata sono impermeabili alle onde che tentano di lasciare la terra per avventurarsi nello spazio esterno. In particolare le onde a bassa frequenza, cioè le onde lunghe, vi penetrano per un poco e vengono quindi riflesse. Le onde corte e cortissime, penetrano per un tratto più profondo prima di venir rispedite a terra.

Le onde lunghe hanno la caratteristica di venir assorbite in molto minor misura dagli ostacoli materiali. Esse viaggiano bene, dunque, anche raso il suolo, ma non possono coprire grandi distanze per l'ostacolo che offre loro la curvatura terrestre. D'altro canto, anche inviate verso l'alto, in tutte le direzioni, incontrano ben presto lo strato riflettente che le rimbalza verso terra. Esse hanno quindi una scarsa portata.

Le onde corte, invece, non possono assolutamente viaggiare parallele al terreno. Esse vengono però inviate verso la ionosfera e riescono a penetrare per un buon centinaio di Km., nello strato riflettente prima di essere costrette a ritornare a terra. In questo modo, ognuna secondo l'angolo d'incidenza, cioè l'angolo con cui vengono inviate verso l'alto, esse vengono rimbalzate vicino alla stazione trasmittente, a media distanza, o molto molto lontano.

Purtroppo questo servizievole strato non è perfetto e unisce degli inconvenienti alle sue utilissime doti.

Esso è infatti in perpetuo ondeggiamento, frapponendo fra sè e noi banchi di nuvole e strati d'aria carichi di elettricità, che agiscono sulle onde in maniera assolutamente imprevedibile. Inoltre la ionizzazione dell'aria varia con la stagione e perfino nelle ore del giorno, spostando più in alto o più in basso lo strato riflettente in relazione con la maggiore o minore attività del sole e dei suoi raggi ultravioletti.

La complicazione, poi, dei due percorsi diversi delle onde (quello per così dire «spaziale» e quello raso-terra) si presta a generare delle eco o delle evanescenze nei luoghi in cui entrambe le onde sono udibili.

Immaginiamo per esempio una stazione ricevente posta ad un centinaio di Km. dalla trasmittente, là dove può ancora arrivare l'onda emessa parallelamente al terreno. Il percorso delle onde spaziali è più lungo e malgrado la fulminea velocità delle onde, quest'ultime arriveranno con un leggero ritardo. Di solito si tratta di milionesimi di secondo, per cui la sfasatura non è avvertibile dall'orecchio umano, ma se casualmente le onde arrivano a sovrapporsi in modo che la cresta di un'onda ricalchi esattamente la gola di un'altra, tutta la modulazione della corrente si annullerà e la ricezione non produrrà alcun suono.

Se, ad esempio, una stazione trasmette con l'onda di 420,8 m., basta che tra due onde captate dalla ricevente vi sia una differenza di percorso di 210,4 metri, vale a dire metà della lunghezza dell'onda, perchè la sovrapposizione di cresta e gola estingua completamente la ricezione. Ma non solo una differenza di percorso di quella lunghezza disturberà la tra-

missione, ma anche altre come 631,2 metri (cioè  $420,8 + 210,4$ ), quando cioè la cresta dell'onda che ha avuto il più lungo percorso non si sovrappone alla gola immediatamente seguente, ma a quella ancora successiva. E così si può sovrapporre a qualsiasi gola emessa in seguito, ad una distanza di  $210,4 + X.420,8$  metri.

Questa possibilità di disturbo viene detta «evanescenza», perchè secondo come avviene la sovrapposizione delle due onde si ottiene una eccessiva sonorità o un completo affievolimento (nel primo caso quando le onde si sovrappongono cresta a cresta e gola a gola) e può darsi che questi due effetti si alternino per il mutare in particolari condizioni dello strato che riflette le onde da noi chiamate «spaziali». Si provvede ad eliminare gran parte di questo effetto grazie a delle apposite antenne studiate in modo che il ritorno dell'onda spaziale, riflessa dalla ionosfera, non cada nella zona immediatamente adiacente alla antenna, in quella zona cioè in cui si può captare agevolmente il segnale emesso raso il suolo. Purtroppo, le cause dell'evanescenza possono anche essere altre, meno facilmente individuabili, su cui per ora chiudiamo un occhio.

Vediamo chiaramente, dunque, che, della potenza impiegata nella stazione trasmittente per inviare tutto all'intorno radio-onde, la maggior parte va dispersa, assorbita e trasformata in calore. Oggi si preferisce costruire stazioni radio di medie dimensioni e collegarle a mezzo filo ad altre stazioni lontane e a dei ripetitori che trasmettano sulla stessa lunghezza d'onda, piuttosto che servire una regione molto vasta — come potrebbe essere una Nazione — con un

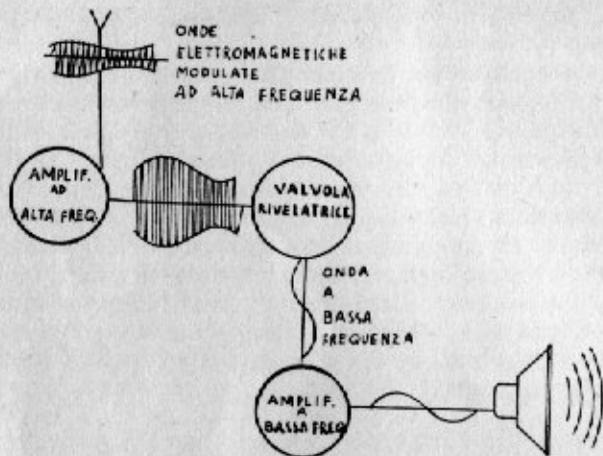
solo trasmettitore. In questo modo si economizza energia.

La potenza messa in gioco da un trasmettitore medio può essere ad esempio di 1.000 Kilowatt, cioè di un milione di Watt ( $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ w}$ ). Il Watt è una unità di misura della potenza e dà un'indicazione dell'energia elettrica che viene fornita da un generatore alla stazione trasmittente, ogni secondo, per la trasmissione. Di questa potenza, che non è eccezionale, all'antenna dell'apparecchio ricevente arriva appena appena qualche milionesimo di Watt! Ovvero qualche miliardesimo di chilowatt per rimanere nella stessa unità di misura in cui abbiamo espresso la potenza del trasmettitore.

### L'apparecchio ricevente

La potenza che viene ad essere captata dalla nostra antenna non può certo essere definita grande. L'antenna vibra a tutte le onde elettromagnetiche che le pervengono con sufficiente energia per un fenomeno di risonanza. Nell'antenna quindi si mescolano tutte le onde radio presenti in quel luogo in quel momento e queste, con la vibrazione generano una corrente elettrica invero leggerissima, della stessa potenza delle onde elettromagnetiche che sono pervenute al metallo dell'antenna.

Tutte queste correnti hanno diversa frequenza — così come le stazioni radio che le hanno generate — e scendono lungo il filo dell'antenna fino all'apparecchio radio vero e proprio. Per prima cosa incontrano il circuito ad alta frequenza che abbiamo descritto prima e vengono accolte dai cosiddetti «filtri d'onda» che provvedono a filtrare tutte queste cor-



Apparecchio ricevente

renti in modo da eliminare quelle non richieste e lasciar proseguire nei circuiti dell'apparecchio ricevente solo quelle di frequenza stabilita da chi maneggia l'apparecchio.

Dall'efficacia di questi filtri d'onda dipende la «selettività» dell'apparecchio. Trent'anni fa non si conoscevano difficoltà di selettività perchè le stazioni trasmettenti erano poche e ben distanziate l'una dall'altra nella scala delle lunghezze d'onda. Allora la virtù massima che veniva richiesta ad un apparecchio era la «sensibilità», cioè la capacità di questo apparecchio di riprodurre suoni di qualsiasi intensità con la massima fedeltà. Oggi le stazioni trasmettenti sufficientemente potenti per giungere al nostro apparecchio sono moltissime e per forza di cose trasmettono su lunghezze d'onda strettamente adia-

centi, tanto che è molto difficile separarle nettamente una dall'altra.

Per questo si chiude volentieri un occhio sulla qualità della ricezione pur di evitare il rischio di incorrere in una mancanza di selettività che sovrappone la ricezione di una stazione a quella di un'altra.

Allo stato attuale delle comunicazioni elettromagnetiche e facendo uso dei filtri d'onda posti a nostra disposizione dalle condizioni economiche, con quattro dei medesimi disposti successivamente otterremo ancora una selettività scarsa e con sei una selettività soddisfacente.

Aumentando ancora il numero dei circuiti accordati — così si chiamano tecnicamente i filtri d'onda — e portandoli per esempio ad otto, la selettività diviene eccessiva e compromette la sensibilità dell'apparecchio.

Come spieghiamo tutto questo?

Senza addentrarci in concetti complessi, diciamo subito che è inesatto dire che un trasmettitore usa emettere onde ad una frequenza ben precisa: in realtà esso si vale di un «canale», cioè di una gamma di frequenze che possono variare di qualche migliaio di Hertz attorno al valore della frequenza che gli è stato assegnato.

Infatti, quando nella trasmittente avviene la sovrapposizione dell'onda modulata a bassa frequenza che proviene dal microfono con la corrente oscillante ad alta frequenza inviata dal generatore, la frequenza finale che ne risulta non è quella dell'una nè quella dell'altra, ma la somma di entrambe.

Facciamo un esempio: una trasmittente riceve corrente oscillante a 590 kH, cioè 590.000 Hertz, viene

modulata con la corrente in arrivo dal microfono che oscilla alla stessa frequenza delle onde sonore udibili, in pratica fra 50 e 5.000 Hertz. Queste oscillazioni possono sommarsi o sottrarsi a quelle della corrente oscillante ad alta frequenza, secondo come combaciano le due onde. Questo stato di cose ci dà come risultato finale una corrente oscillante a frequenza variabile, col variare dei suoni registrati, attorno — 5.000 Hertz in più o 5.000 in meno — alla frequenza caratteristica del trasmettitore.

In questo consiste dunque il « canale » di trasmissione. Per convenzione si è fissato di concedere a ciascuna trasmittente un canale di 9.000 Hertz di ampiezza, che significa poter variare in più o in meno dell'onda fissa ad alta frequenza di 4.500 Hertz. Lo orecchio umano percepisce come caso limite suoni fino a 15.000 Hertz, ma accontentandosi di una varietà di suoni che rientra nella realtà di tutti i giorni, ci si limita a trasmettere i suoni fino al limite di 4.000 Hertz e, come potete constatare ascoltando un concerto alla radio, possiamo esserne soddisfatti. Allo scopo di accontentare le orecchie più fini e gli ascoltatori più esigenti, nelle principali città d'Europa funziona un sistema di trasmissione a mezzo cavo telefonico, che offre all'utente un canale di ascolto ben più ampio, di portata locale, senza dover per questo limitare il numero di stazioni trasmittenti.

Ora che abbiamo stabilito cos'è un canale di trasmissione ritorniamo ai nostri filtri d'onda. Il ricevimento ideale dovrebbe possedere dei filtri d'onda che permettano il passaggio della sola frequenza su cui sono accordati, 4.500 Hertz in più o in meno. Ma questo, come può ben apparire, è molto difficile.

La radio la cui qualità si lascia a desiderare, o gli apparecchi destinati ad un uso locale, dispongono di un numero insufficiente di filtri d'onda: due o quattro. Per spiegare cosa succede allora ricorriamo ancora una volta ad un esempio.

Supponiamo due stazioni trasmittenti che abbiano i rispettivi canali adiacenti. Una trasmette con 1140 e l'altra con 1149 kH. Se volete ascoltare la trasmittente più vicina (supponiamola posta in Italia), non avrete difficoltà perchè la sua maggiore potenza coprirà di gran lunga la voce della consorella lontana (supponiamola all'altro capo dell'Europa), le cui onde giungono molto deboli a causa della distanza. Ma se, viceversa, volete ascoltare la stazione lontana, incontrerete molte difficoltà perchè la stazione vicina ecciterà ugualmente i circuiti accordati (insufficienti) e arriverà a farsi udire anche se i medesimi non sono accordati precisamente sulla sua lunghezza di onda.

Con sei filtri d'onda, gli apparecchi moderni hanno trovato il giusto equilibrio fra selettività e sensibilità. Ma se noi disponessimo otto filtri d'onda in un apparecchio a caratteristiche normali, otterremmo una selettività strabiliante, ma pessima riproduzione del suono, perchè lo stesso canale della trasmittente verrebbe « tagliato » alle estremità e verrebbero a mancare le note più alte. Il suono, così, verrebbe ad essere cupo e privo delle necessarie caratteristiche di armonia.

Una volta, quando le stazioni trasmittenti captabili erano poche, il numero di filtri d'onda necessario a ben separarle era inferiore e questo lasciava una maggior libertà ai canali, che potevano senz'al-