LA RADIO

DAL MICROFONO ALL'ALTOPARLANTE

testo di mar
disegni di genta

INTRODUZIONE

Lo scopo di questo volumetto è di colmare una lacuna: la mancanza di un radio-sillabario. Di radio-trattati ce ne sono tanti, voluminosi e modesti, irti di formole e facili, ma un radio-sillabario non c'è. In questo volumetto si è voluto spiegare nel modo più elementare possibile il seguito dei fenomeni radioelettrici che hanno luogo dopo la nota musicale creata dall'artista nell'auditorio sino a quella identica e corrispondente emessa dall'altoparlante dell'ascoltatore. Una spiegazione così elementare che possa essere senza fatica compresa da chiunque abbia compiuto anche solo qualche anno di studi e piacevolmente letta da chi abbia qualche nozione di elettricità. E questo si è cercato di ottenere senza rinunziare alla esattezza dei concetti, senza ricorrere a similitudini che quasi sempre non sono verosimili, con un testo conciso. I disegni, pure nel loro stile piacevolmente caricaturale, chiariscono la descrizione e fissano le idee. Il volumetto è dedicato al profano, in un intento di volgarizzazione che speriamo abbia ad essere proficuo.

Nella persona del signor Fonolo, radiotecnico di buoni studi e di molta esperienza, il signor Condensino, radioamatore curioso, ha trovato la persona in grado di soddisfare ogni suo desiderio. Fonolo non soltanto conosce teoricamente quanto avviene nel campo delle onde elettriche, ma è al corrente anche di tutte le applicazioni pratiche ed ha porta aperta nei trasmettitori e negli studi dell'« Eiar ». Ed è proprio questo che Condensino desidera: visitare una stazione di trasmissione e rendersi conto personalmente, metodicamente, razionalmente di tutto ciò che accade dai microfoni, posti negli auditori, al suo apparecchio ricevente.

« Caro Condensino, la stazione non è lontana, ma è meglio prendere un'auto pubblica: guadagneremo tempo ».

« Ma la stazione non è a parecchi chilometri dalla città? Dalla città si vedono a mala pena le antenne in lontananza ».

« Una stazione trasmettente si compone di due distinte parti. Nella prima di esse, posta in località relativamente centrale, si trovano gli auditori, ove avvengono le esecuzioni destinate alle trasmissioni, e gli uffici: è questa la sede della stazione e sono ovvî i motivi per i quali la sua ubicazione è più o meno centrale. Vi è poi il cosiddetto trasmettitore, e cioè la centrale esclusivamente elettrica nella quale vengono generate le onde elettriche. Il trasmettitore si trova in-

vece a parecchi chilometri dalla città, in una posizione favorevole per l'irradiazione delle onde. I lontani piloni che lei vede sostengono l'antenna che irradia le onde. Al trasmettitore andremo in seguito. Per ora visitiamo la sede degli auditorî e degli uffici. Siamo arrivati. Andiamo a vedere in quali auditorî si lavora attualmente per le prove e per la trasmissione. Mi raccomando, caro Condensino, si ricordi che un lume rosso acceso significa che in quel locale ogni rumore, ogni suono viene radiotrasmesso. Bisogna osservare il più rigoroso silenzio. Eccoci nella sala d'aspetto dalla quale si entra negli auditorî per la musica di jazz e per la commedia. Proprio in questo momento nell'auditorio per il jazz dovrebbe avvenire, stando al programma, una esecuzione musicale per la radiotrasmissione. Andiamo a vedere, ma... silenzio ».

Una orchestra di jazz suona dinanzi al microfono. Il signor Fonolo e il suo allievo trattengono quasi il respiro per non disturbare. Il più lieve colpo di tosse verrebbe trasmesso insieme alla musica perchè un lume rosso acceso indica che l'indiscreto microfono è in funzione. Fonolo e Condensino entrano in un altro auditorio e vedono alcune persone che parlano concitatamente dinanzi al microfono.

« Vede, Condensino, siamo nell'auditorio per la commedia. Gli attori stanno facendo la prova generale

della commedia che sarà trasmessa questa sera. Andiamo in un altro auditorio. Ecco le prove dei cori dei Balilla per la trasmissione di domani ».

Condensino è irrequieto. Da tempo vorrebbe fare una domanda al suo maestro: « Ma... l'annunciatrice? Vorrei vederla. Perchè non è nell'auditorio di dove si trasmette? ».

« L'annunciatrice ha il suo auditorio, nel quale rimane tranquilla e lavora senza essere disturbata. D'altra parte se gli annunzi avvenissero nello stesso auditorio dell'esecuzione musicale, tutti gli esecutori dovrebbero mantenere il perfetto silenzio negli intervalli durante gli annunci ».

« Perchè i suoni di un auditorio non disturbano gli auditori vicini ed anche qui, nell'anticamera, non trapela dagli auditori il minimo suono? ».

« Perchè le porte sono tutte doppie e costruite in modo speciale e i muri sono rivestiti di materiali che ostacolano la trasmissione del suono attraverso ad essi ».

« Egregio amico, è tutto molto bello, ma ad essere sincero devo dire che non capisco come i suoni che tutte queste persone producono negli auditori dinanzi a quello che lei chiama « microfono » possano arrivare sino a casa mia... ».

« Cercherò di spiegarle, Condensino. Cominciamo dagli auditorî e dal microfono, l'ingegnoso apparecchio che trasforma i suoni in correnti elettriche ».

« Nell'auditorio B, ove ora si svolgono prove, il solista suona come se egli fosse dinanzi al suo pubblico abituale, senza preoccuparsi del fatto che la sua esecuzione non viene udita direttamente. Per il pubblico dei radioascoltatori è presente il microfono, ma affinchè le onde sonore che impressionano il microfono conservino quei requisiti

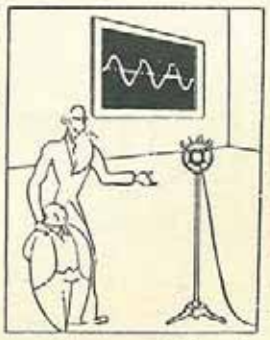
che si tradurranno poi in una ricezione piacevole, occorre che l'ambiente nel quale esse si diffondono possieda certe ben determinate caratteristiche. Per questo motivo gli auditori sono costruiti in modo speciale seguendo ben determinate leggi di tecnica acustica. Le pareti sono ricoperte di materiali acustici che assorbono e riflettono

i suoni secondo proporzioni ben definite e diverse alle varie frequenze che formano la scala musicale. Gli elementi più eterogenei sono impiegati per la costruzione di questi materiali: fibre di radici di liquirizia, fibre di canne, alghe marine, lana di vetro, ecc. Prima necessità è che le pareti siano assolutamente impermeabili al suono, e questo

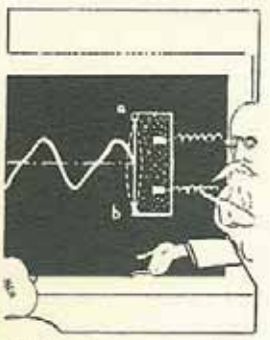
si ottiene con una speciale costruzione dei muri e con l'uso dei materiali acustici di cui parliamo. Se lei, Condensino, appoggia l'orecchio al muro, non sente alcun suono provenire dall'auditorio adiacente, per quanto in esso stia ora suonando un rumorosissimo jazz. Una seconda necessità è che sia evitata ogni eco e che il persistere del suono dopo

la sua cessazione alla sorgente sonora abbia una ben determinata durata. Il tempo durante il quale il suono continua ad essere percepito dopo che la sorgente sonora ha cessato di emetterlo si chiama « tempo di riverberazione ». Esso è una piccola frazione di secondo in un locale sordo e può arrivare a qualche secondo in una cattedrale deserta, per esempio.

« La corda del violoncello, posta in vibrazione dall'archetto, emette delle onde sonore. Su questa lavagna rappresento la corda del violoncello in vibrazione e l'onda sonora che da essa parte. Se, ad esempio, la corda compie 435 oscillazioni al secondo, la nota udita è il « la » normale di 435 vibrazioni al secondo. In ogni secondo vengo-



no cioè generate 435 onde complete. Sulla lavagna non ho disegnato che tre onde. Esse si allontanano dal violoncello alla velocità di circa 330 metri al secondo ed arrivano quindi al microfono, lontano uno o due metri dal violoncello, dopo qualche millesimo di secondo. Nel microfono vi è una membrana « a b » la quale, quando è colpita



dalle onde sonore, vibra. Una membrana tesa si mette sempre a vibrare quando è colpita da onde sonore: lei se ne sarà accorto tenendo nelle mani, per esempio, uno di quei palloncini pieni di gas che si regalano ai bimbi. Sotto le dita si sente vibrare fortemente la membrana di caucciù ogni qual volta nelle vicinanze vengono pro-

dotti suoni o rumori. La vibrazione della membrana del microfono segue fedelmente l'onda sonora ed essa vibra quindi come la corda del violoncello. La membrana chiude una scatola nella quale vi è della polvere di carbone in cui sono immersi i due poli di una linea elettrica percorsa da una corrente. La corrente passa attraverso la

polvere di carbone ed è tanto più intensa quanto più la polvere di carbone è compressa. La membrana vibrando comprime più o meno la polvere di carbone e pertanto la corrente che attraversa il microfono varia di intensità seguendo la vibrazione della membrana e in definitiva l'onda sonora. Il risultato finale è che abbiamo tra-

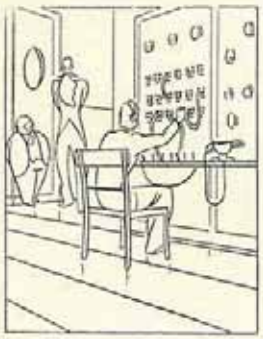
sformato l'onda sonora in una corrente elettrica. Vi sono molti altri tipi di microfoni, ad esempio questo, chiamato « microfono a condensatore », che funzionano su principi differenti. La corrente erogata dal microfono, corrente che si usa chiamare « musicale », percorre dapprima un cordone flessibile che permette di spostare il mi-

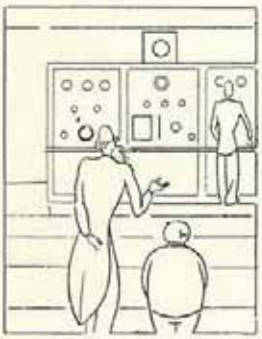
crofono in tutti i punti dell'auditorio. Il cordone termina con una presa di corrente che si innesta in una cassetta murale, sulla quale sono anche i dispositivi per le segnalazioni luminose ed acustiche che devono avvertire coloro che si trovano nell'auditorio che il microfono sta per entrare in funzione e, poco dopo, che esso è pronto per la trasmissione.

« Ogni cassetta è a sua volta collegata per mezzo di linee elettriche ad una sala, chiamata « sala centrale degli amplificatori », alla quale pervengono quindi tutte le correnti musicali generate dai microfoni nei vari auditori e nella quale sono accentrati i principali servizi tecnici della stazione.

« Ma come mai, signor Fonolo, non si vede alcun filo elettrico? ».

« Perchè i fili conduttori che collegano le cassette di presa negli auditori con la sala centrale corrono entro cunicoli sotto il pavimento o nei muri. Sono centinaia di metri di canali e diecine di chilometri di conduttori. Ad esempio, nel palazzo della stazione di Roma vi sono, solo per le correnti musicali e per l'alimentazione degli amplificatori, 520 metri di canali di zinco ed 80 chilometri di cavi. Questi canali e questi cavi si diramano in ogni direzione lungo i corridoi, passano sopra e sotto gli uffici nei quali ferve il lavoro dei servizi artistico, tecnico e amministrativo. Le correnti musicali prodotte dai microfoni sono così deboli che il più piccolo disturbo dovuto a vicinanza di altre linee elettriche può essere sufficiente ad inquinarle. Le linee microfoniche sono quindi accuratamente protette e schermate, ma ciò non sarebbe ancora sufficiente se le correnti dovessero fare un percorso molto lungo, ad esempio qualche centinaio di metri, con una in-





tensità così debole. Gli amplificatori hanno appunto per scopo di elevare la potenza delle correnti musicali ad un livello sufficiente perchè esse possano compiere percorsi anche di molte diecine di chilometri in ottime condizioni. Nella sala degli amplificatori centrali tutte le correnti musicali sono debitamente amplificate, e il valore della amplificazione è regolato da tecnici che siedono in permanenza di fronte ai pannelli degli amplificatori. Per la massima amplificazione, la potenza delle correnti musicali all'uscita dell'amplificatore è parecchi milioni di volte superiore alla potenza all'entrata: la tensione, che all'ingresso è dell'ordine del millesimo di volt, all'uscita è di qualche volt. Questa grande amplificazione avviene senza che la corrente elettrica subisca alcuna deformazione. Quei grandi quadri di marmo con interruttori e strumenti servono per distribuire le correnti di alimentazione degli amplificatori. Quel tecnico con la cuffia sulla testa svolge l'intenso servizio telefonico con le altre stazioni italiane per le necessità delle trasmissioni simultanee dello stesso programma da più stazioni (il cosiddetto « relais »). Alla uscita degli amplificatori le correnti musicali prendono diverse strade: una parte viene inviata sui cavi di collegamento interurbano per le trasmissioni in « relais », una parte prosegue la sua strada verso il tra-

smettitore locale, una parte viene eventualmente inviata agli apparati di registrazione elettrica, e infine una parte aziona gli apparecchi di misura e gli altoparlanti per i controlli. Quel signore che osserva gli strumenti e ascolta all'altoparlante è appunto un ingegnere addetto ai controlli. Questo altro tecnico seduto dinanzi ad un amplificatore eseguisce il controllo dell'amplificazione del secondo programma della stazione, quello destinato al trasmettitore locale n. 2. Come lei vede, Condensino, tutto passa attraverso la sala centrale di amplificazione. Qui convergono le linee elettriche in arrivo, che portano le correnti musicali non solo dagli auditori, ma anche dalle macchine di riproduzione elettrica, dai cavi che ci collegano con le altre stazioni, dai teatri e dai vari locali cittadini dai quali si trasmette. Le correnti musicali sono amplificate, misurate, controllate e poi inviate ai trasmettitori, alle altre stazioni, alle macchine registratrici. Quindi nella sala centrale convergono anche tutte le linee in partenza destinate a far proseguire le correnti musicali, attraverso altre apparecchiature, verso il lontano radioabbonato ».

« Ora che ho visto come si trasmette dagli auditori, sarei molto curioso di vedere come si trasmette dai teatri ».

« Allora andiamo al « Teatro dell'Opera » ove vi è prova generale. Lei vedrà come si collocano i microfoni e come si procede per assicurare una buona trasmissione ».

« Ecco il Teatro dell'Opera. L'Eiar approfitta delle prove generali di carattere artistico che hanno ora luogo per compiere, dopo molte altre prove, un'ultima prova tecnica in vista della trasmissione di domani. Lei, signor Condensino, avrà modo di vedere come si effettua una trasmissione d'opera da un teatro, poichè, da questo punto di vista, tutto procede oggi come se si trattasse già dell'effettiva radiotrasmissione. Andiamo dapprima sul palcoscenico, dove possiamo vedere bene anche l'orchestra. Per raccogliere la musica vengono posti più microfoni, generalmente due, qualche volta tre ».

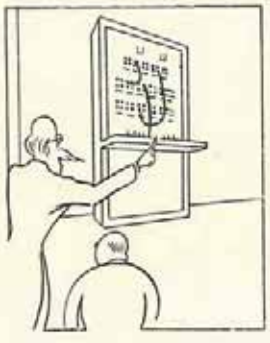
« Perchè, signor Fonolo, non basta un solo microfono? ».

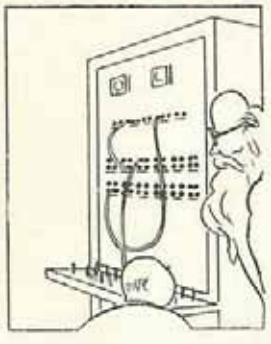
« Perchè con un solo microfono, se esso è posto vicino all'orchestra, si raccolgono fortemente i suoni degli strumenti vicini e non si raccolgono gli altri, e se esso è posto lontano si ha una riproduzione ecosa e confusa, che, dopo tutto, manca pur sempre d'equilibrio. Qui lei vede due microfoni: uno vicino al podio del direttore per la massa dei violini e delle viole, e l'altro di fronte ai contrabbassi per questi strumenti e per i violoncelli. Tutti gli altri strumenti, e cioè quelli a fiato e quelli a percussione, sono così forti da essere raccolti sufficientemente bene anche se lontani. Qualche volta viene impiegato un terzo microfono per raccogliere separatamente i

violini primi e secondi, o altri gruppi di strumenti. Per il canto sono collocati due microfoni sulla ribalta. Purtroppo con questa sistemazione si sente talvolta la voce del suggeritore, ma non è possibile fare differentemente. Solo con microfoni alti sul palcoscenico si sfuggirebbe al suggeritore, diminuendo però l'effetto estetico dello spettacolo, ciò che l'Eiar evita cercando di collocare i microfoni quasi celati. Le correnti di tutti i microfoni vengono inviate in un camerino, dal quale preferibilmente si possa vedere il palcoscenico, ove sono gli amplificatori e una speciale apparecchiatura chiamata « dosatore ». Mediante essa la corrente di ciascun microfono può essere introdotta più o meno nei circuiti e può quindi essere « dosata » l'influenza che ciascun microfono esercita rispetto agli altri. Un ingegnere specializzato in questo lavoro ripristina elettricamente il giusto equilibrio musicale dell'orchestra e del canto ».

« Perchè non un maestro di musica? ».

« L'ingegnere deve essere ben specializzato ed è inoltre sempre assistito da un maestro che giudica e interviene se del caso. Ma le operazioni da compiere richiedono una buona conoscenza tecnica dei fenomeni in giuoco e una mentalità assai più tecnica che artistica. La pratica ha dimostrato che i migliori risultati si ottengono con un buon ingegnere specialista.



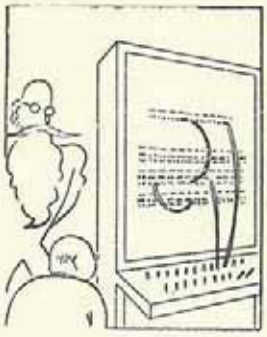


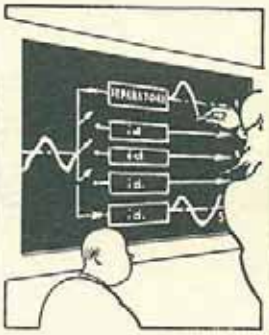
Le correnti all'uscita dagli amplificatori che lei ha visto vengono inviate alla stazione radio e precisamente alla sala degli amplificatori centrali. L'Eiar possiede in ogni città una rete di cavi e di linee aeree di sua proprietà che collegano i teatri e i principali luoghi di riunione alla stazione. Quello è il cavo che va dalla stazione al Teatro dell'Opera.

« Eccoci di nuovo in stazione. Le correnti musicali dai teatri arrivano agli amplificatori centrali come le correnti musicali dai microfoni negli auditori. Esse sono nello stesso modo controllate e amplificate prima di essere inviate alle altre stazioni e ai trasmettitori locali. Dunque tutto passa attraverso gli amplificatori centrali ai quali fanno capo tutte le linee in arrivo dagli auditori, dai teatri, dai luoghi di riunione, dalle altre stazioni, dalle macchine di riproduzione elettrica e tutte le linee in partenza per i trasmettitori locali, le altre stazioni, le macchine di registrazione elettrica. Un quadro di commutazione al quale pervengono tutte le linee in arrivo e in partenza permette di effettuare qualsiasi collegamento e qualsiasi combinazione. Tra l'altro a questo quadro di commutazione arrivano i cavi sotterranei che collegano tra loro tutte le stazioni italiane per la trasmissione simultanea dello stesso programma da più stazioni ».

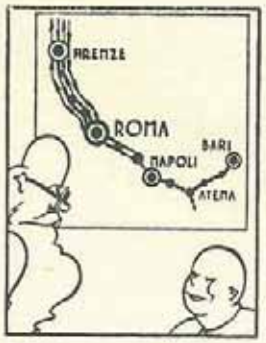
« Il famoso relais? ».

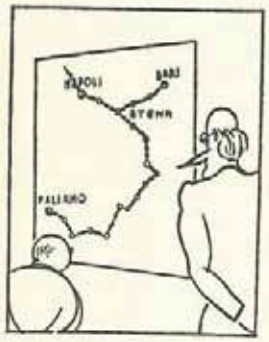
« Precisamente: le spiegherò ora come esso funzioni tecnicamente.



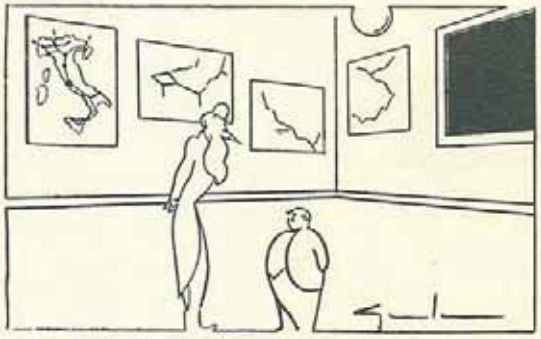


« Ogni linea in partenza può essere, appunto per mezzo di questo quadro di commutazione, collegata agli amplificatori centrali attraverso un amplificatore chiamato « separatore », il quale ha per scopo di evitare che le linee in partenza si influenzino l'una con l'altra e di inviare su ogni linea la giusta potenza, variabile da linea a linea. Sulla lavagna ho rappresentato l'onda di corrente che proviene da uno degli amplificatori centrali e che faccio proseguire attraverso i separatori, commutando opportunamente, sulle linee 1 e 5 verso altre stazioni. In questa tavola lei vede la rete delle stazioni italiane e delle linee che le collegano, rete che alla fine del 1936 comprende diciassette stazioni trasmettenti installate in undici città: due stazioni di 7 chilowatt e di 200 watt a Torino, due a Milano di 50 kW. e 4 kW., due a Bari di 20 kW. ed 1 kW., una a Genova di 10 kW., 10 kW. a Trieste, 20 a Firenze, 1,5 a Napoli (che saranno nel 1937 portati a 10), 3 a Palermo, 50 a Bologna, 10 a Bolzano; a Roma due stazioni di 60 e 100 kW. ad onda media e due stazioni di 25 kW. ad onda corta. Per collegare le stazioni vi sono circa 7000 chilometri di linee, in gran parte in cavo sotterraneo e in piccola parte con conduttori aerei. Per la stazione di Bolzano, non essendo stato possibile effettuare il collegamento in





cavo nel tratto Milano-Trento, si è ricorso ad uno dei più moderni sistemi, quello detto « ad alta frequenza », che consiste nella trasformazione delle correnti musicali di frequenza bassa (50 a 8000 periodi) in correnti di frequenza molto più elevata (nel nostro caso 34.050 a 42.000 periodi), nella trasmissione di queste correnti sulle esistenti linee telefoniche aeree, e infine nella ricostituzione della originaria frequenza musicale all'arrivo. Le linee sotterranee corrono nel cavo telefonico interurbano statale per tutta la rete italiana e nel cavo della Stipel per il tratto Milano-Torino. Le trasmissioni in relais con l'estero avvengono attraverso il prolungamento della nostra rete di cavi a Modane per l'ovest, verso Zurigo per il nord ed a Tarvisio per l'est. Da Napoli a Genova, Torino, Milano e Padova i circuiti musicali sono doppi, uno per il senso nord-sud ed uno per il senso sud-nord. Nel tratto tra Roma e Milano vi sono quattro circuiti, due da sud a nord e due da nord a sud. Fra Torino e Milano vi sono due circuiti che possono essere impiegati in entrambi i sensi. Per il rimanente della rete vi è un solo circuito che può essere impiegato nei due sensi. Ogni settantacinque chilometri circa vi è una centrale amplificatrice, indicata, negli schemi che lei vede, con un cerchietto. In ciascuna di queste centrali le correnti



subiscono una amplificazione che deve compensare la attenuazione che le correnti stesse subiscono lungo il cavo ».

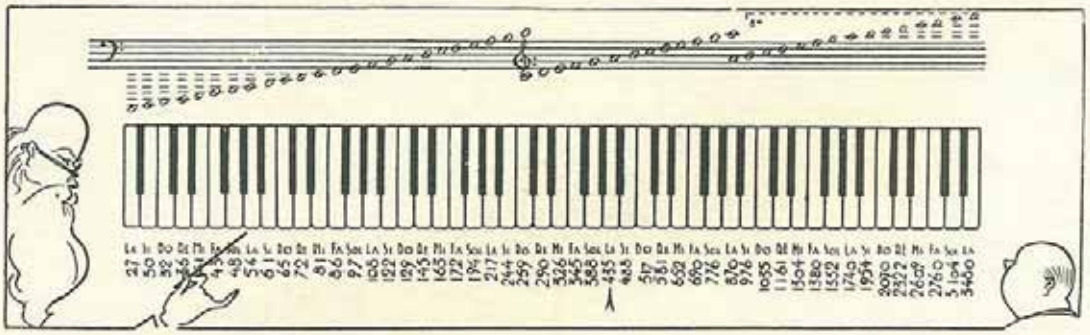
« Queste correnti musicali che vengono così inviate a distanze di molte centinaia di chilometri non subiscono durante il loro viaggio delle distorsioni? ».

« Occorrono certamente molte cure e ben determinati accorgimenti tecnici perchè la trasmissione risulti fedele sino alle più grandi distanze. Ad esempio, mentre i cavi e i dispositivi ad essi connessi tendono a trasmettere solo una ridotta gamma di frequenze, è indispensabile che vengano trasmesse almeno le frequenze comprese in una certa gamma musicale. La inserzione di speciali dispositivi detti « correttori » e altri accorgimenti permettono di estendere effettivamente la gamma delle frequenze trasmesse in modo da consentire una buona riproduzione. La qualità di un circuito musicale si valuta da questo punto di vista con grafici che rappresentano l'efficienza con la quale il circuito trasmette le singole frequenze. Lei vede che il circuito Roma-Torino trasmette in modo praticamente uniforme tutte le frequenze comprese tra 50 e 5000 periodi al secondo, e il circuito Milano-Torino le frequenze tra 40 e 7000 periodi ».

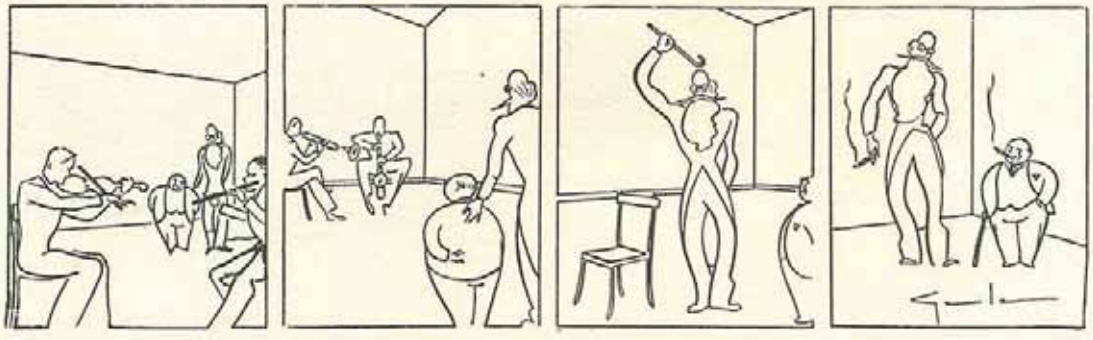
« E' sufficiente questa gamma di frequenze? ».

« E' praticamente sufficiente. Glielo dimostro subito, signor Condensino.

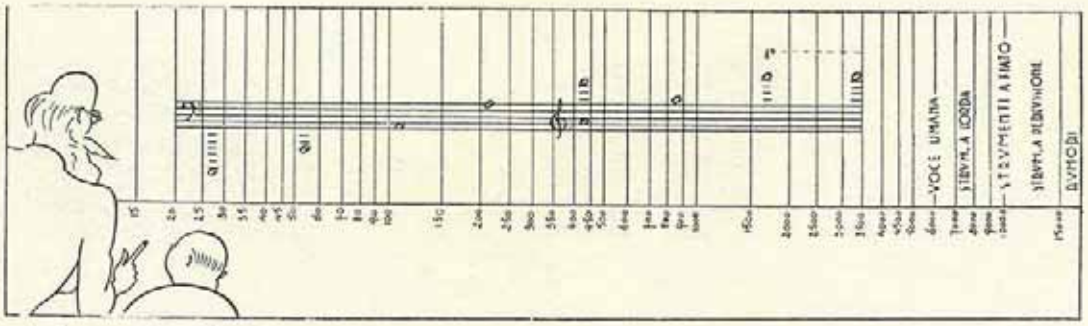
« Un suono è definito da tre elementi: l'« altezza », il « timbro » e l'« intensità ». L'altezza corrisponde alla « nota », dipende cioè dal numero di vibrazioni complete che vengono emesse ogni secondo dalla sorgente sonora; il timbro è quell'elemento che permette di distinguere la differenza tra suoni aventi la stessa altezza, e cioè la stessa nota, ma provenienti da strumenti diversi, ed è determinato, come meglio vedremo in seguito, da altre vibrazioni che accompagnano la nota fondamentale; l'intensità è determinata dall'« ampiezza » delle vibrazioni. Gli elettrotecnici, riferendosi alle correnti nelle quali vengono trasformati i suoni, usano definire con altre parole gli elementi che caratterizzano l'altezza: invece di vibrazioni al secondo essi parlano di periodi al secondo e indicano con la parola frequenza il numero di periodi o vibrazioni al secondo. Vediamo quale relazione intercorre tra le note musicali e il numero di periodi o vibrazioni al secondo, e cioè la frequenza. Su questa tabella sono segnate le note musicali della scala temperata dal « la » più basso del « do-1 » al « la » più alto del « do-6 » in corrispondenza di una scala sulla quale è riportata la frequenza, e cioè il numero di vibrazioni al secondo. Sono anche segnate le gamme musicali e i corrispondenti valori delle frequenze, coperte normalmente da alcuni stru-



menti e dalle voci umane. Si vede che la voce del soprano raggiunge 1035 vibrazioni al secondo e scende a 259 vibrazioni al secondo, il mezzo-soprano va da 217 ad 870 vibrazioni, il contralto da 172 a 690, il tenore da 145 a 517, il baritono da 122 a 388, il basso da 86 a 326. Il violino va da 194 a 2069 vibrazioni, all'incirca come il flauto che va da 244 a 2069. Lo strumento che ha la gamma di frequenza più ampia è il pianoforte che va da 27 a 3480 vibrazioni al secondo. Su questa tabella in corrispondenza di ciascun tasto del pianoforte sono segnate la nota, in scala di basso sino al « do-3 » e poi in scala di violino, e la frequenza relativa. Il « la » normale di 435 vibrazioni al secondo è all'incirca a metà della tastiera. Le note estreme sono due « la », uno di 27 e l'altro di 3480 vibrazioni. Si può osservare che ogni nota di un'ottava ha un numero di vibrazioni doppio di quello della nota omonima dell'ottava precedente. Ed anche che il numero di vibrazioni di ciascuna nota è 1122 volte il numero corrispondente alla nota precedente, ad eccezione degli intervalli mi-fa e si-do per i quali il rapporto delle frequenze è solo di 1059. Per trasmettere uniformemente le correnti corrispondenti ai suoni, sembrerebbe quindi sufficiente che i circuiti fossero egualmente efficienti per tutte le frequenze comprese tra 27 e 3480 periodi al secondo.

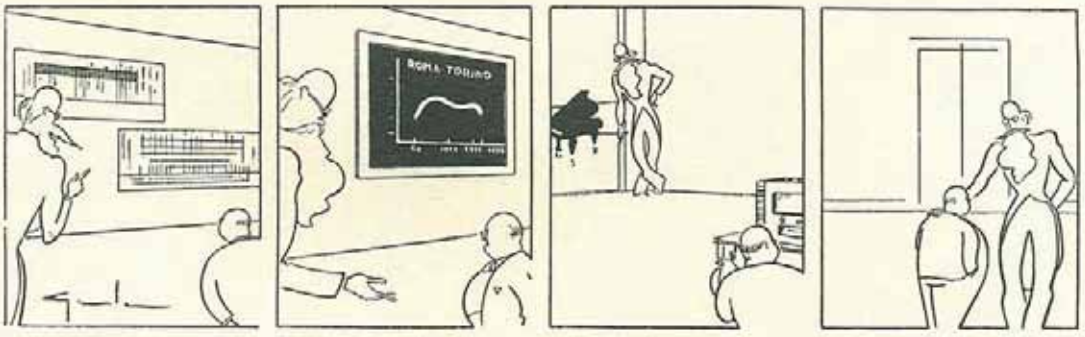


Ma un'altra considerazione obbliga a tenere conto di frequenze assai più elevate: quella del timbro, di quella caratteristica del suono, cioè, che permette di identificare strumenti diversi anche quando la nota che essi emettono è identica. Ascolti ad esempio. Condensino, questi due orchestrali che suonano l'uno il violino e l'altro il flauto, e cioè due strumenti che hanno all'incirca la stessa gamma di note. Anche su una nota sostenuta lei identifica subito l'uno o l'altro strumento. Lo stesso dicasi per tutti gli altri strumenti, ad esempio la tromba e il sassofono. Il timbro del sassofono è nettamente differente dal timbro della tromba. Il timbro è determinato dal numero e dall'intensità di vibrazioni secondarie che accompagnano la vibrazione fondamentale, vibrazioni che in massima parte hanno una frequenza che è multiplo intero di quella della nota fondamentale, e sono allora chiamate armoniche. Ad esempio l'armonica due della nota più alta del pianoforte è di 6960 periodi al secondo e l'armonica tre di 10.440 periodi al secondo. Anche nei rumori si hanno frequenze assai elevate. Un rumore, ad esempio, quello prodotto da un urto tra due pezzi di legno, differisce fisicamente da un suono per il fatto di non avere una vibrazione fondamentale, ma di essere costituito da un grandissimo numero di vibrazioni le cui frequenze sono distribuite in una larga gamma che può andare da qualche vibrazione a 15.000 vibrazioni al secondo.



« Negli strumenti a corda le armoniche più importanti non superano (tranne che per le note fondamentali più acute) 4000 vibrazioni al secondo (v.). In questi strumenti si hanno per altro vibrazioni che arrivano a 7000-8000, ad esempio quelle che determinano la differenza di timbro tra la viola ed il violino. Negli strumenti a fiato, specialmente in quelli di ottone, si ha un gran numero di armoniche e di vibrazioni secondarie. Dato però che gli strumenti di ottone non hanno note fondamentali molto elevate, si può ritenere che praticamente tutte le frequenze secondarie importanti siano al disotto delle 5000 v., per quanto alcune si spingano sino ad 8000-10.000. I suoni degli strumenti a percussione, assai simili ai rumori, hanno frequenze secondarie che arrivano a 12.000-15.000, mentre alcuni rumori sorpassano anche questi valori. Le frequenze fondamentali del linguaggio parlato si aggirano intorno a 100-200 v. per gli uomini ed a 200-300 v. per le donne, ma queste note fondamentali sono accompagnate da gran numero di armoniche e di frequenze secondarie che si spingono sino a valori assai elevati aventi grande importanza per la comprensibilità. Quasi tutta la potenza sonora è suddivisa su vibrazioni (fondamentali e secondarie) aventi frequenze inferiori a 900 v., e solo una minima parte della potenza è su frequenze più alte di 900 v., ma sono

precisamente queste lievi vibrazioni di frequenza superiore a 900 che dànno la comprensibilità al linguaggio. Una buona comprensibilità della parola esige che si tenga conto di tutte le frequenze sino a 3500 v., ma zone ancora importanti per la comprensibilità si estendono sino a 6000 v., pur riscontrandosi vibrazioni con frequenze anche superiori a 10.000. In conclusione, si riscontra in pratica che una riproduzione buona della musica e della parola esige una trasmissione uniforme di tutte le frequenze da 50 a 4500 v., ma è ovvio, dopo quanto le ho esposto, che una riproduzione assolutamente perfetta, tale cioè che non sia possibile distinguere una riproduzione dalla esecuzione originale, esigerebbe una trasmissione uniforme di tutte le frequenze da 27 a 15.000 v. Purtroppo da questo punto di vista non tutte le apparecchiature radiofoniche sono efficienti. I ricevitori, affinchè essi possano selezionare bene le varie stazioni, come le spiegherò in seguito, devono essere costruiti in modo da riprodurre solo le frequenze sino a 4500 v.; la maggior parte degli altoparlanti è efficiente solo da 100 a 4500 v.; i migliori dischi fonografici coprono a mala pena la gamma 80-4500 e lo stesso si dica di altre apparecchiature di registrazione. Per quanto possa apparire inutile, data l'incapacità dei radioricevitori ad usufruirne, gli impianti



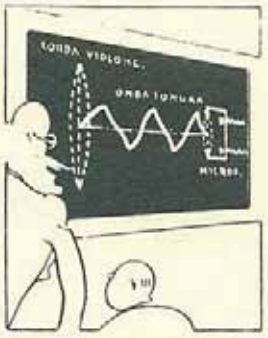
di trasmissione sono efficienti per gamme di frequenze molto più ampie. I microfoni moderni vanno da 30 a oltre 10.000 v., gli amplificatori delle correnti musicali da 30 a 12.000 periodi, i trasmettitori anche da 30 a 10.000 periodi. I cavi di collegamento tra le stazioni, come lei, Condensino, ha visto, vanno, secondo i casi, da 50 a 5000 e da 40 a 7000. Sarebbe possibile aumentare tali gamme, ma, mentre la spesa sarebbe assai rilevante e le difficoltà tecniche tutt'altro che lievi, il beneficio sarebbe nullo allo stato attuale della tecnica dei radioricevitori ».

« Allora, se ho ben compreso, signor Fonolo, il fatto che, anche con un buon ricevitore, si riconosca immediatamente se la musica che si sente è originale od è ricevuta per radio, dipende sostanzialmente dall'impossibilità per i radioricevitori di riprodurre tutte le frequenze che entrano in una esecuzione musicale?».

« Soprattutto da questo, Condensino. Se un giorno, per un minore bisogno di selettività e per una tecnica più progredita, si potranno realizzare dei radioricevitori che riproducano tutte le frequenze da 27 a 15.000 periodi al secondo, non sarà più possibile distinguere una riproduzione per radio da una esecuzione originale. Naturalmente quando non si abbiano altre distorsioni ».

« Cosa sono le distorsioni? »

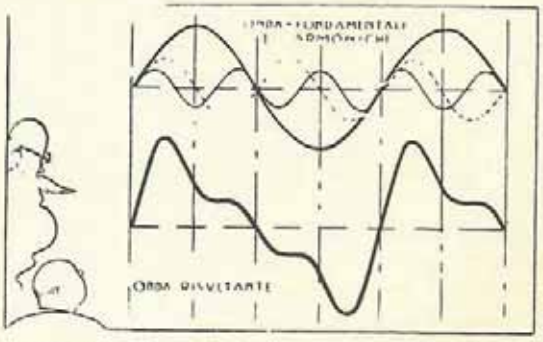
« Sono appunto deformazioni e denaturazioni dei suoni, per cui la riproduzione non risulta fedele od è addirittura sgradevole: vediamone le cause.

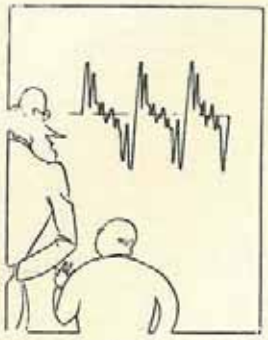


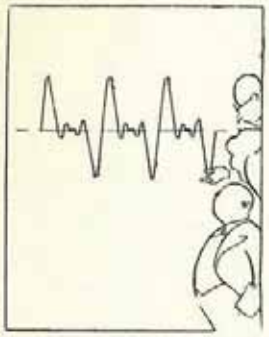
« La riproduzione imperfetta della musica o della parola attraverso un mezzo elettromeccanico dipende essenzialmente da due cause: il disuniforme comportamento delle apparecchiature alle varie frequenze musicali, e questo abbiamo or ora dettagliatamente esaminato, e deformazioni che possono subire le correnti musicali per altre cause durante il loro viaggio nei circuiti. Perchè lei possa comprendere bene questa questione occorre che le spieghi che cosa è precisamente un'onda di corrente musicale. Abbiamo visto che l'onda sonora viene trasformata, per mezzo del microfono, in un'onda di corrente elettrica che deve riprodurre esattamente la forma dell'onda sonora ».

« Che cosa vuol dire: forma di un'onda? ».

« Facciamo un paragone: immagini ad esempio una onda marina. Quell'onda può avere diverse forme: increspata, regolare, ecc. L'onda sonora, onda essa pure materiale perchè si trasmette nell'aria, può nello stesso modo avere diverse forme, e la corrente elettrica microfonica, perchè riproduca fedelmente l'onda sonora che la genera, deve avere la stessa identica forma. Ora, ed è questo il punto di capitale importanza, ciò che dà la forma all'onda, sia essa l'onda sonora o la corrispondente onda di corrente, è precisamente il numero e l'intensità delle armoniche e delle frequenze secondarie che accompagnano la nota fon-



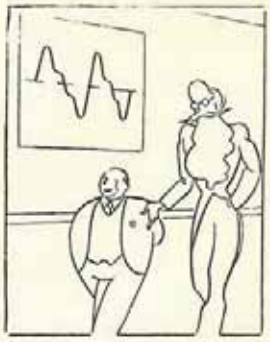


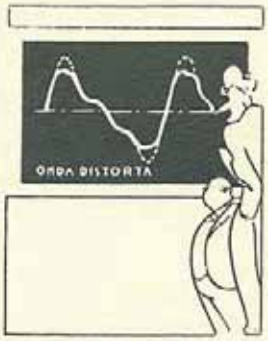


damentale e delle quali abbiamo or ora diffusamente parlato ».

« E cioè, se ho ben capito, il numero delle onde sonore od elettriche che vengono generate in un secondo corrisponderebbe alla frequenza ed alla nota, mentre la forma di ciascuna di queste onde sarebbe determinata da onde più deboli generate contemporaneamente e corrisponderebbe al timbro? ».

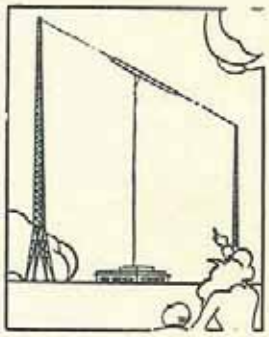
«Precisamente. L'onda completa è la somma della frequenza fondamentale e delle frequenze secondarie e armoniche. Con appositi filtri è infatti possibile separare ad una ad una tutte le frequenze che compongono l'onda complessa e scomporre quest'ultima in tutti i suoi componenti, che risultano naturalmente della forma più semplice, « sinussoidale », come dicono i matematici. Nello stesso modo che introducendo in un circuito più correnti di forma d'onda semplice si ottiene come risultante una corrente di forma d'onda complessa. Qui lei vede riprodotte le forme d'onda di alcuni suoni, ad esempio l'onda sonora emessa da una canna d'organo che riproduce il suono del violoncello. La frequenza fondamentale è di 217 vibrazioni al secondo, ma essa è accompagnata da numerose altre vibrazioni di ampiezza minore su frequenze diverse. Qui è riprodotta la forma d'onda del suono emesso da una canna d'organo per l'effetto di trombone. La frequenza fondamentale è

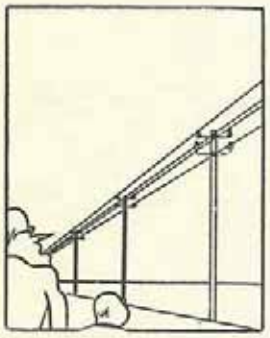




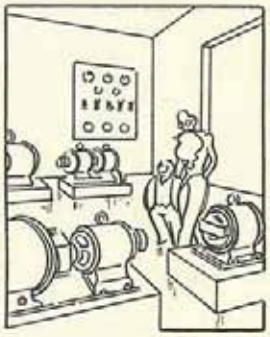
di 244 vibrazioni al secondo, ma il numero di armoniche e di frequenze secondarie che accompagnano la frequenza fondamentale è assai grande, così da dare all'onda complessa risultante una forma fortemente irregolare.

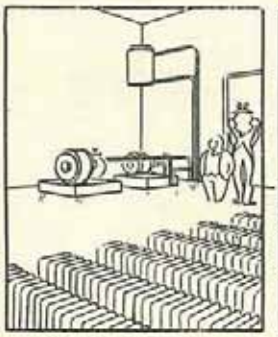
« Un disuniforme comportamento alle varie frequenze degli apparati, modificando i valori delle armoniche e delle frequenze secondarie rispetto alla frequenza fondamentale ha per naturale effetto di variare la forma dell'onda e causare una distorsione, ma questa distorsione si traduce soprattutto in una variazione del timbro, come già le ho spiegato. Può invece accadere, e purtroppo accade molto sovente, che nelle numerosissime trasformazioni di suoni e correnti compiute dai vari apparati non venga rispettata la forma dell'onda per un difettoso funzionamento, per mancare cioè essi, indipendentemente da questioni di frequenza, alla loro peculiare funzione di fedeli trasformatori e riproduttori di suoni e correnti. La distorsione della forma dell'onda che allora ne deriva è particolarmente nociva e si traduce alla fine, all'uscita dall'altoparlante, in una deformazione e denaturazione dei suoni particolarmente sgradevoli. Per una buona riproduzione occorre quindi non solo curare un'uniforme trasmissione di tutte le frequenze che interessano, ma soprattutto evitare che qualcuna delle apparecchiature per difetto di costruzione o di funzionamento manchi al suo compito di fedele trasformatore e riproduttore di correnti e di suoni.





« Ora andiamo al trasmettitore, dove, cioè, si compie la seconda parte delle operazioni di trasmissione e vengono generate le onde radioelettriche che recano ai lontani abbonati le esecuzioni musicali e parlate. Il trasmettitore è sempre lontano dalla città, qualche chilometro per quelli di piccola potenza, anche decine di chilometri per quelli di grande potenza. Ciò per non produrre una ricezione troppo forte nella zona cittadina a forte densità di popolazione, il che avrebbe per risultato di ostacolare la ricezione delle stazioni lontane quando si usino ricevitori non eccessivamente selettivi. Gli alti piloni che sostengono l'aereo indicano ben visibilmente il luogo ove il trasmettitore è installato. E' quella bianca casetta all'ombra dei piloni che lo ospita: le correnti musicali generate dai microfoni negli auditori e amplificate come lei ha visto, vengono condotte là dentro per mezzo di linee telefoniche di proprietà dell'Eiar, alcune in cavo sotterraneo e altre aeree. Ivi le correnti vengono ulteriormente amplificate e opportunamente trasformate prima di essere inviate alla grande antenna che le irradia sotto forma di onde elettromagnetiche. Lei vedrà ora gli apparecchi che compiono queste trasformazioni, e io cercherò di spiegarle nel modo più semplice e chiaro possibile come essi funzionano. Visitiamo prima le varie sale dell'edificio. Ecco la sala dei pannelli nella quale





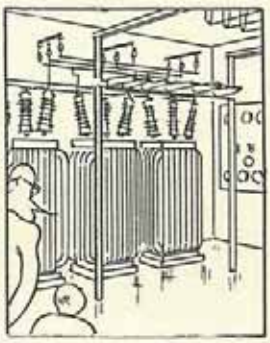
sono gli apparecchi a valvole elettroniche e le correnti musicali subiscono i trattamenti ai quali ho accennato: queste sono le apparecchiature più importanti e interessanti.

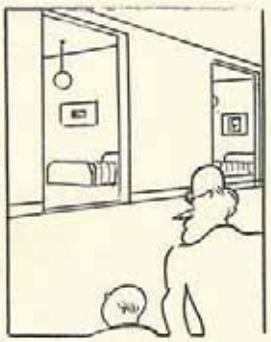
« Passiamo ora nella sala delle macchine che forniscono l'energia elettrica al trasmettitore. Motori e dinamo di ogni potenza ruotano durante la trasmissione per alimentare con le giuste correnti gli apparecchi.

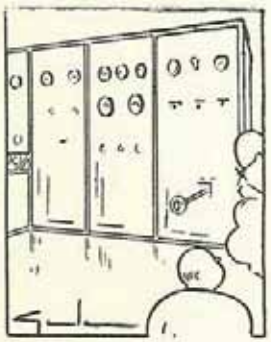
« Una notevole parte dell'energia elettrica fornita al trasmettitore, per i motivi che vedremo in seguito, deve essere sciupata trasformandola in calore. Nei trasmettitori importanti l'energia che si trasforma in calore è assai importante e necessita di un'apposita circolazione d'acqua per la sua dispersione, come nei motori delle automobili. L'acqua riscaldata passa entro dei radiatori, sottoposti alla corrente d'aria fredda di ventilatori, i quali radiatori raffreddano l'acqua e disperdono all'esterno il calore. La stanza ove sono i radiatori si chiama stanza di raffreddamento.

« Vi può poi essere la sala degli accumulatori, nelle stazioni in cui una parte degli apparecchi trasmettenti è alimentata con accumulatori.

« Di quasi tutti i componenti dell'impianto di trasmissione esiste almeno un esemplare di riserva, così che qualunque guasto possa essere immediatamente riparato con la sostituzione rapida dell'elemento avariato. Un locale è adibito a ma-







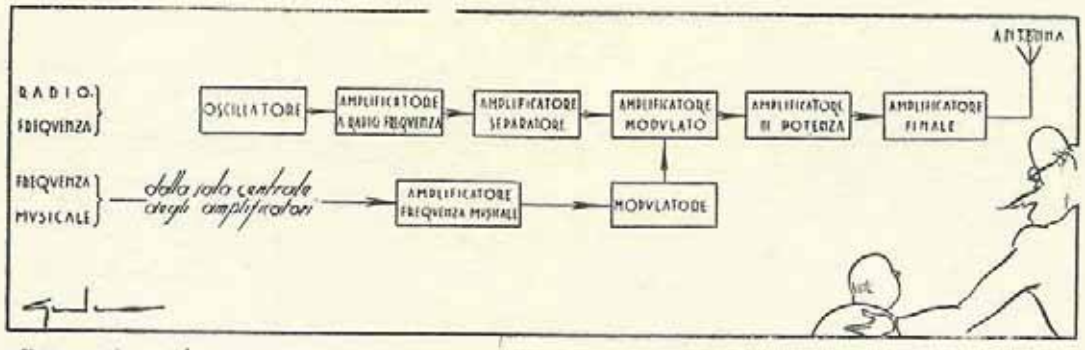
gazzino per la conservazione delle parti di ricambio. Vi è poi un'officina per i lavori meccanici e una cabina elettrica ove l'energia sotto alta tensione in arrivo alla stazione viene trasformata in energia sotto bassa tensione per l'alimentazione delle apparecchiature e delle macchine.

« Data la distanza alla quale si trova il trasmettitore dalla città e sovente da ogni centro abitato, nello stesso edificio sono generalmente sistemate le abitazioni del personale tecnico addetto al trasmettitore, di norma sei o sette persone. In altre stazioni il personale è alloggiato in una villa separata.

« Come già le ho detto, la parte più importante ed interessante della stazione si trova nella sala dei pannelli. Questi ultimi costituiscono il trasmettitore propriamente detto, e cioè quel complesso di circuiti a valvole i quali trasformano le correnti microfoniche, le elevano di potenza ed infine le inviano nell'antenna. Andiamo ad esaminare come funziona ».

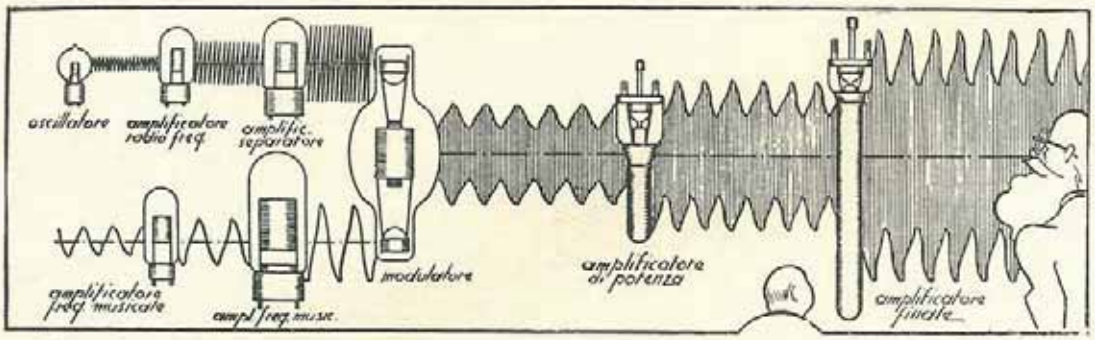
« Deve essere assai complicato, signor Fonolo! ».

« La conoscenza esatta di tutti i fenomeni in giuoco è molto difficile e solo parecchi anni di studi elettrotecnici e radiotecnici possono permettere d'avere le cognizioni necessarie per ben comprendere ogni particolare. Io spero però, Condensino, di darle una chiara idea di come funziona il trasmettitore senza entrare in particolari complicati.



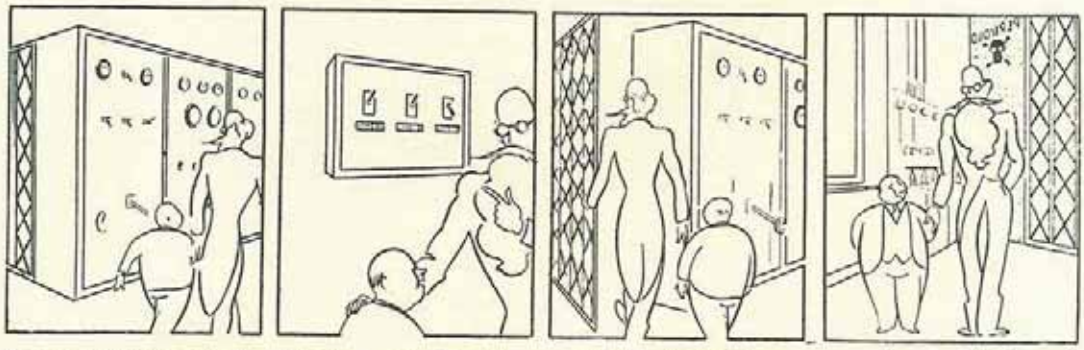
« Il trasmettitore può considerarsi diviso in due sezioni principali: l'una detta a frequenza musicale perchè in essa circolano le correnti a frequenza musicale inviate dagli auditori, e l'altra detta ad alta frequenza o radio-frequenza perchè in essa sono generate e circolano correnti di frequenza molto più elevata. Le correnti a frequenza musicale in arrivo dalla sala centrale degli amplificatori e introdotte nella sezione a frequenza musicale del trasmettitore sono ulteriormente amplificate da uno o più amplificatori e poi inviate in un ultimo amplificatore chiamato «modulatore» per l'azione che esso esplica e che esamineremo in seguito.

« La sezione a radio-frequenza si inizia con uno stadio oscillatore la cui funzione è di generare una debole corrente alternata di frequenza molto più elevata di quella delle correnti musicali: da 500.000 a 1.500.000 oscillazioni ogni secondo per le stazioni sulle onde medie della radiodiffusione. Appunto per la loro frequenza elevata queste correnti sono chiamate ad « alta frequenza » od a « radio-frequenza » per distinguerle da quelle musicali od a « bassa frequenza » che, come abbiamo visto, raggiungono al massimo 10.000-15.000 oscillazioni al secondo. La corrente a radio-frequenza generata dall'oscillatore ha una potenza molto debole, ma questa potenza è aumentata da successivi stadi



amplificatori. All'uscita da questi amplificatori la corrente a radio-frequenza è inviata in un amplificatore detto « amplificatore modulato ». All'amplificatore modulato è inviata pure la corrente a frequenza musicale erogata dal modulatore. Nell'amplificatore modulato avviene la fusione delle due correnti, quella a frequenza musicale che origina dal microfono e rappresenta suoni e parole, e quella a radio-frequenza che proviene dall'oscillatore. Questo processo di fusione delle due correnti è chiamato dai tecnici « modulazione ». La corrente all'uscita dell'amplificatore modulato è quindi una corrente a radio-frequenza che porta impresse le caratteristiche della corrente musicale a frequenza molto più bassa, ed è più precisamente una corrente a radio-frequenza la cui ampiezza varia seguendo la forma d'onda della corrente musicale. I tecnici dicono che la corrente a radio-frequenza è modulata a frequenza musicale e dimostrano matematicamente e fisicamente che questa corrente modulata può essere scomposta in una corrente od onda « portante » (costituita dalla radio-frequenza) e in altre correnti, corrispondenti alle correnti microfoniche, chiamate « bande laterali » ed aventi frequenze di poco superiori ed inferiori a quella dell'onda portante.

« La corrente a radio-frequenza modulata, come esce dall'amplificatore modulato



viene ulteriormente amplificata da uno o più amplificatori, detti amplificatori di potenza, sino alla potenza voluta e quindi inviata a una linea di trasporto di energia elettrica a radio-frequenza che trasporta l'energia di cui parliamo all'aereo di trasmissione, il quale infine la irradia sotto forma di onde elettromagnetiche.

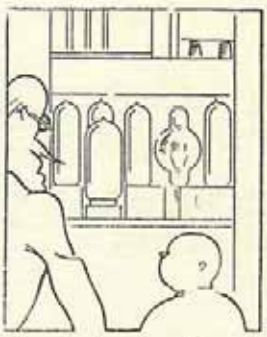
« Vediamo più dettagliatamente il complesso di trasmissione. Le linee telefoniche e musicali che portano le correnti dalla sala centrale degli amplificatori terminano in quella cassettina collegata con l'entrata della sezione a frequenza musicale del trasmettitore. Andiamo nell'interno del trasmettitore per vedere da vicino i componenti del trasmettitore ».

« Ma... non è pericoloso, signor Fonolo? ».

« Le tensioni in giuoco sono effettivamente mortali, raggiungendo molte migliaia di volt, anche 15.000-20.000 volt. Ma vi sono molti dispositivi di protezione automatica. Innanzi tutto il solo fatto di aprire il cancello taglia tutte le tensioni pericolose. Se anche il cancello si richiudesse le tensioni rimarrebbero interrotte da altri dispositivi di sicurezza. Lei può venire con tutta tranquillità, Condensino: la sua vita non corre alcun pericolo ».

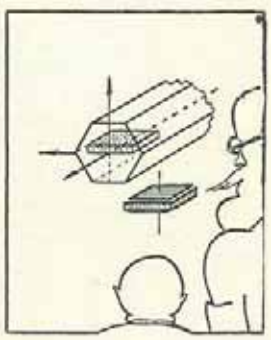
« La ringrazio, signor Fonolo. Dal momento che lo assicura lei sono pienamente tranquillo, ma da solo non mi avvicinerei certo a queste misteriose macchine».

« Gli amplificatori e tutti i congegni accessori sono raggruppati dietro i pannelli del trasmettitore, sul fronte del quale sono i comandi per le regolazioni e gli strumenti di misura per valutare se ogni organo funziona normalmente. Le macchine e gli accumulatori che abbiamo visto nelle altre sale forniscono l'energia di alimentazione degli amplificatori.



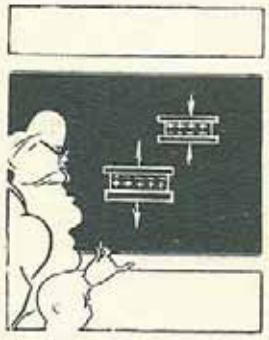
Le valvole elettroniche di questi ultimi sono dello stesso tipo di quelle impiegate nei ricevitori e negli amplificatori della sala centrale, la differenza essendo sostanzialmente nelle dimensioni. Le valvole dei trasmettitori sono molto più grosse e negli amplificatori di maggiore potenza sviluppano una tale quantità di calore che è necessaria una circolazione d'acqua per raffreddarle.

« Cominciamo dall'oscillatore, la funzione del quale è di generare la corrente di alta frequenza che dovrà poi, grandemente aumentata di potenza, costituire la corrente portante e infine l'onda portante irradiata dall'antenna. La quasi totalità degli oscillatori è, come si dice, controllata a quarzo ».



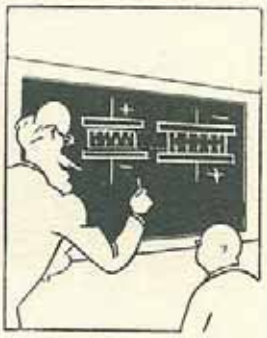
« Che cosa vuol dire controllo a quarzo? ».

« La frequenza della corrente generata dall'oscillatore occorre sia molto costante. Uno dei mezzi più pratici per mantenere costante tale frequenza è l'impiego di una sottile lamina, tagliata da un cristallo di quarzo, in unione ad una valvola elettronica. Una tale lamina, come

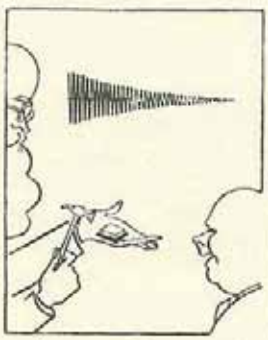


del resto altri cristalli, presenta una notevole proprietà, chiamata piezoelettricità. Se la lamina viene compressa, cariche elettriche compaiono sulle due facce, e se essa viene sottoposta ad uno sforzo di trazione, compaiono pure delle cariche elettriche sulle sue facce, ma di segno opposto a quelle precedenti.

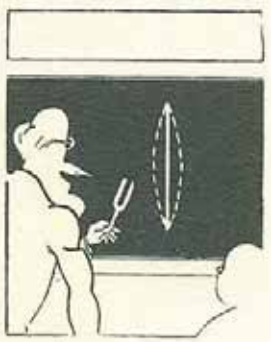
« D'altra parte, se una ten-



sione elettrica continua è applicata alle facce della lamina, questa si comprime o si dilata a secondo la polarità della tensione elettrica sulle sue facce. Se alle facce del cristallo è poi applicata una tensione elettrica alternata, che compie cioè un certo numero di oscillazioni al secondo, la lamina si pone a oscillare meccanicamente con la stes-

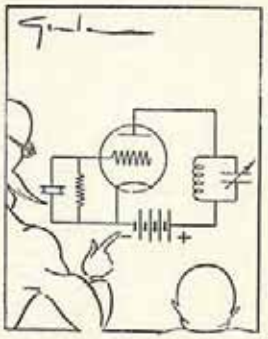


sa frequenza. Inversamente, se in qualche modo si fa oscillare meccanicamente la lamina, sulle sue facce si sviluppa una tensione elettrica oscillante. Ogni lamina ha una frequenza propria di vibrazione, sulla quale si mette a oscillare quando riceva un impulso: analogamente a quanto avviene per una corda di uno strumento musicale o per



un diapason. La frequenza propria di vibrazione è elevatissima e dipende soprattutto dallo spessore della lamina. Una lamina spessa un millimetro che riceva un impulso si pone in vibrazione compiendo circa due milioni di vibrazioni al secondo.

« Tanto più è sottile la lamina e tanto maggiore è il numero di vibrazioni al se-



condo su cui essa oscilla. Negli oscillatori controllati a quarzo, una lamina avente una frequenza propria di oscillazione eguale alla frequenza della corrente che vogliamo generare, viene opportunamente inserita nel circuito di una valvola elettronica.

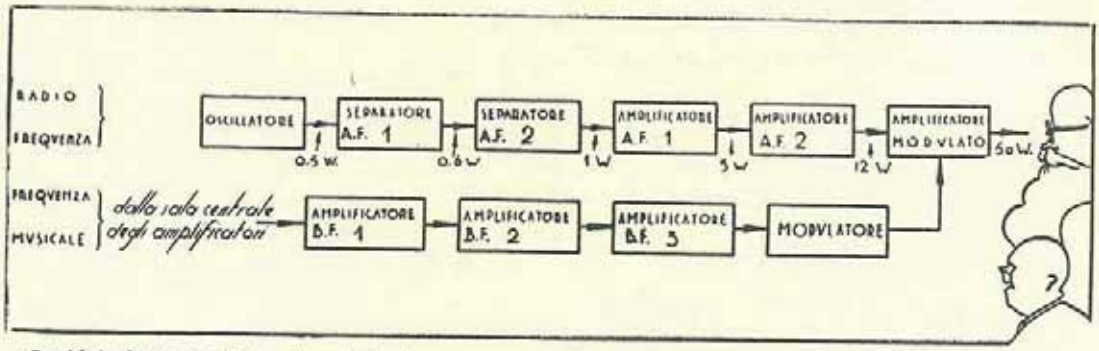
« Quest'ultima ha per scopo di fornire alla lamina gli impulsi necessari perchè essa

si ponga a oscillare e continui a oscillare meccanicamente ed elettricamente e inoltre raccoglie e amplifica la debolissima tensione elettrica alternata che si manifesta sulle facce del cristallo.

« La frequenza della corrente erogata dalla valvola è eguale alla frequenza propria del cristallo, ed è assai costante perchè praticamente può solo variare entro limiti ristretti quando varia la temperatura del cristallo. Quindi, per una maggiore costanza, i cristalli sono rinchiusi in termostati che mantengono la temperatura costante a meno di qualche frazione di grado.

« In tali condizioni la frequenza della corrente generata dall'oscillatore può ar-

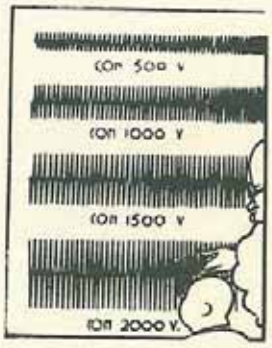
rivare a una stabilità dell'ordine di un periodo su un milione di periodi. Si comprende però quanto sia debole la tensione elettrica generata sulle facce del cristallo e quindi anche la potenza all'uscita della valvola oscillatrice. Gli amplificatori che seguono sono appunto previsti per l'amplificazione della potenza sino al valore desiderato.

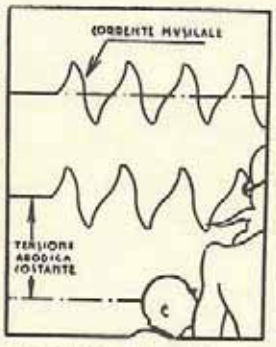


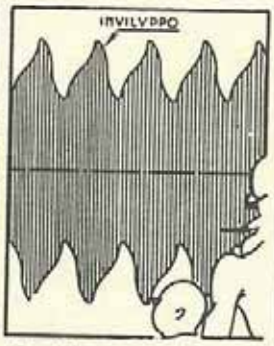
« Perchè la frequenza della corrente portante generata dall'oscillatore a cristallo rimanga costante, occorre anche che il funzionamento dell'oscillatore non sia influenzato da quel che accade negli stadi seguenti. A questo scopo l'oscillatore è seguito da stadi amplificatori detti « separatori », i quali, più che avere la funzione di amplificare, per la quale funzione sono poco efficienti, hanno quella di impedire che l'oscillatore sia influenzato dal processo di modulazione. Per mezzo di soli separatori o ricorrendo anche ad amplificatori molto efficienti, quando occorra una maggiore amplificazione, la corrente portante di alta frequenza erogata dall'oscillatore è amplificata sino ad una potenza sufficientemente elevata e immessa nell'amplificatore modulato. Ivi essa viene modulata dalle correnti a frequenza musicale che provengono dagli auditori e che sono state anch'esse debitamente amplificate. L'ultima valvola amplificatrice delle correnti musicali si chiama, come abbiamo già detto, modulatore ».

« Come avviene il processo di modulazione, e cioè l'unione della corrente portante ad alta frequenza con le correnti corrispondenti alla musica ed alla parola? ».

« Il punto fondamentale è che l'amplificatore modulato eroga una corrente di alta frequenza la cui intensità dipende dalla tensione anodica che è applicata alla placca della valvola, ed è precisamente direttamente



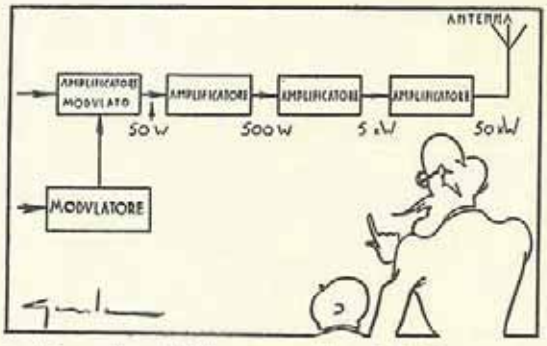


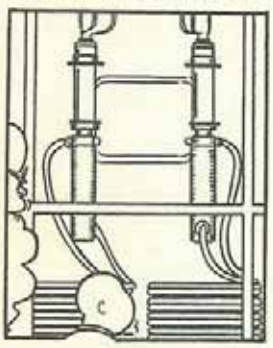


proporzionale a tale tensione anodica. Se, ad esempio, la tensione applicata all'anodo della valvola raddoppia, raddoppia anche la intensità della corrente all' uscita dell' amplificatore modulato. Nei sistemi di modulazione più usati, ad esempio in tutti quelli delle stazioni italiane, si fa variare la tensione anodica di cui parliamo con lo stesso identico andamento con cui varia la corrente musicale. E cioè si fa in modo che la tensione anodica dell'amplificatore modulato non sia costante, ma che la sua forma d'onda sia identica a quella della corrente musicale. Data la proporzionalità di cui abbiamo parlato ne consegue che l'ampiezza della corrente ad alta frequenza all'uscita dell'amplificatore modulato varia seguendo esattamente la forma della corrente musicale. I tecnici dicono che la corrente ad alta frequenza è modulata a frequenza musicale e chiamano « inviluppo » la curva che limita le ampiezze della corrente ad alta frequenza. Noti che la forma dell'inviluppo è assolutamente identica alla forma della corrente musicale, ed è questa una condizione indispensabile perchè la modulazione avvenga senza distorsioni ».

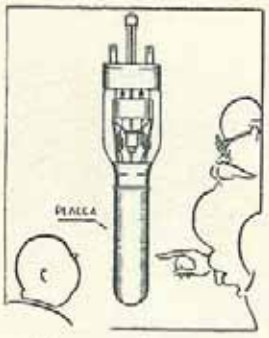
« In tutto questo, signor Fonolo, quale è la funzione della valvola modulatrice? ».

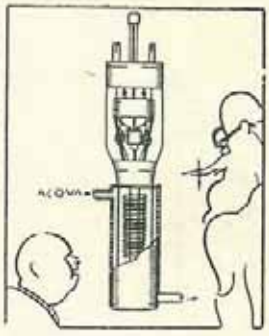
« La valvola modulatrice amplifica un'ultima volta la corrente musicale e l'invia sull'anodo della valvola modulata in modo da fare variare la tensione applicata



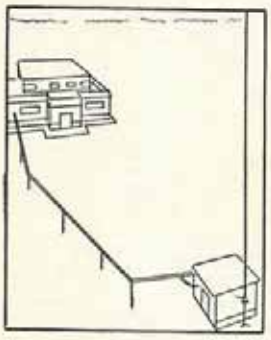


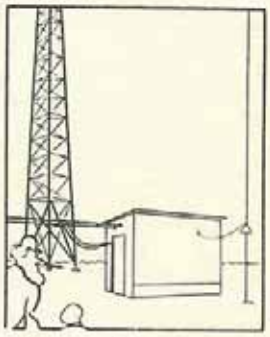
a tale anodo ed effettuare così la modulazione come ho spiegato più sopra. La corrente ad alta frequenza modulata è poi amplificata da uno o più amplificatori fino al valore di potenza desiderato. Si può ritenere che il salto della potenza sia all'incirca di dieci per ogni stadio amplificatore. Così, ad esempio, se la potenza all'uscita dello stadio modulato è di 50 watt, essa può essere di circa 500 watt dopo un primo stadio amplificatore, 5 chilowatt dopo un secondo stadio e 50 chilowatt dopo un terzo stadio. Notiamo che ogni valvola amplificatrice sviluppa una notevole quantità di calore. Negli amplificatori di cui parliamo la potenza dissipata in calore da ogni valvola è infatti all'incirca doppia di quella che essa eroga utilmente sotto forma di corrente ad alta frequenza. Ad esempio, una valvola che eroghi 1 chilowatt trasforma circa 2 chilowatt di potenza elettrica in calore. Per le valvole di piccola potenza, il calore prodotto non è molto grande e basta la circolazione d'aria per asportarlo. Invece per le valvole di grande potenza, in pratica oltre il chilowatt, occorre ricorrere a una circolazione d'acqua per asportare la notevole quantità di calore che si sviluppa. Analogamente a quanto si verifica per i motori a scoppio i quali, se di piccole dimensioni, possono essere raffreddati ad aria, mentre, se più grandi, richiedono una circolazione d'acqua.

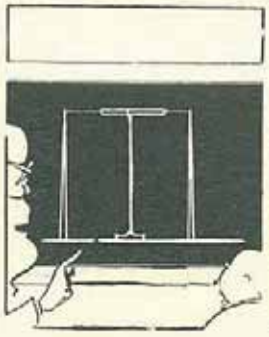


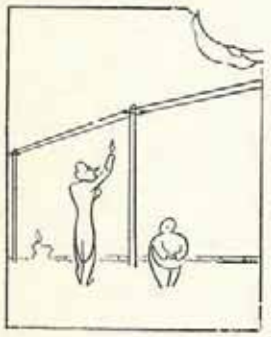


« L'elemento della valvola sul quale si sviluppa la grande quantità di calore di cui parliamo è la placca. Pertanto, a differenza di quanto avviene per le valvole riceventi, nelle valvole raffreddate con circolazione d'acqua la placca non può essere collocata nell'interno del bulbo di vetro. Essa è esterna, di forma cilindrica, e viene immersa in un recipiente nel quale viene fatta circolare l'acqua che deve asportare il calore. La parte in vetro della valvola costituisce solo il supporto dei tre elettrodi, griglia, filamento e placca. La griglia e il filamento non sono visibili perchè collocati nell'interno del cilindro metallico che costituisce la placca. Le valvole di potenza molto grande, per quanto raffreddate ad acqua, devono forzatamente essere di grandi dimensioni. Si costruiscono oggi valvole capaci di erogare una potenza utile di parecchie centinaia di chilowatt. Tali valvole sono più alte di un uomo e trasformano in calore durante il loro funzionamento centinaia di chilowatt. Quando si vogliano raggiungere potenze molto elevate si ricorre a un banco di più valvole. Si costruiscono oggi amplificatori a più valvole che erogano una potenza media di centinaia di chilowatt e che hanno la possibilità di raggiungere potenze massime istantanee di migliaia di chilowatt.





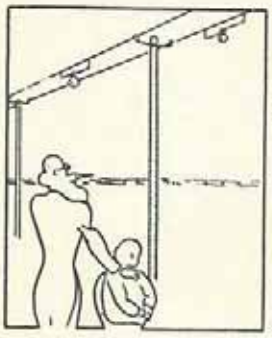


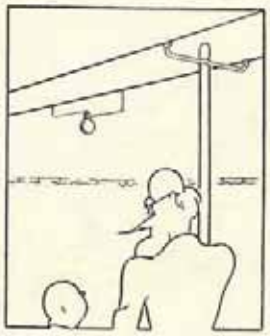


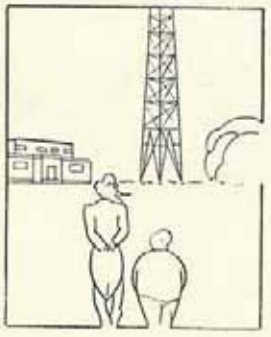
« La potenza all'uscita dell'amplificatore finale viene inviata su una linea elettrica a due fili sostenuti da pali, chiamata linea ad alta frequenza. Tale linea, che è lunga qualche decina di metri, collega elettricamente l'ultimo amplificatore del trasmettitore con l'antenna, e cioè serve a trasportare l'energia a radio-frequenza dal trasmettitore all'antenna. Essa termina in una piccola cabina ove penetra pure il filo di discesa dell'antenna e sono contenuti gli apparecchi per accoppiare opportunamente l'antenna alla linea ad alta frequenza. La cabina si chiama cabina di sintonia ».

« Perchè non si collega direttamente l'aereo all'ultimo amplificatore, e si ricorre invece alla linea ad alta frequenza? ».

« Nelle stazioni meno recenti effettivamente non vi è linea ad alta frequenza e l'energia viene dal trasmettitore inviata direttamente all'antenna il cui filo di discesa penetra nell'edificio del trasmettitore sino all'amplificatore finale. Ma, specialmente nelle stazioni molto potenti, ciò è causa di inconvenienti perchè l'edificio e le apparecchiature sono troppo vicine all'antenna e il funzionamento del trasmettitore è perturbato dalla forte intensità dei segnali prodotti dai conduttori di antenna nelle immediate vicinanze di essi. Inoltre nelle stazioni molto potenti l'edificio ha una notevole mole, e se esso è posto sotto l'antenna può risultare notevolmente diminuita l'efficienza di irradiazione dell'antenna. Quindi nelle stazioni più moderne si distanzia l'edificio contenente il trasmettitore dall'antenna e si collegano tra loro questi ultimi, come ho già detto, per mezzo di una linea di trasporto di energia elettrica ad alta frequenza ».

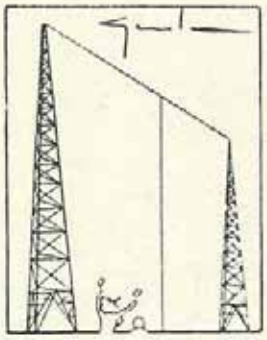


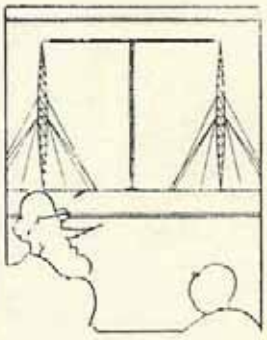


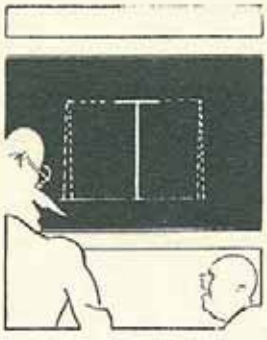


« Che cosa sono, signor Fonolo, quella minuscole lampadine appese ai fili della linea ad alta frequenza? ».

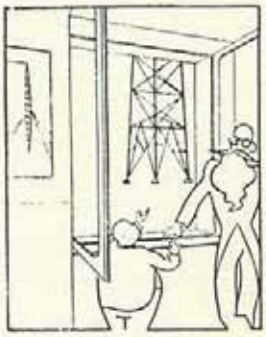
« Perchè la linea funzioni bene e sia ben regolata occorre che la corrente sia eguale in tutti i punti di essa. E' quello che i tecnici esprimono dicendo che sulla linea non devono formarsi onde stazionarie. Un semplicissimo mezzo per accertare questa condizione consiste nell'inserire ogni dieci, quindici metri in parallelo ad un tratto di conduttore una lampadina. Una frazione della corrente passa nella lampadina e l'accende. Quando tutte le lampadine sono egualmente accese possiamo essere sicuri che la linea è ben regolata e funziona con una buona efficienza e cioè che solo una insignificante frazione dell'energia inviata dal trasmettitore all'aereo non raggiunge quest'ultimo e viene persa nella linea ad alta frequenza. La corrente a radio-frequenza portante impresse le caratteristiche delle correnti musicali generate dal microfono giunge così all'aereo di trasmissione che deve trasformarla in onde radioelettriche. Passiamo in rivista alcuni tipi di antenna e cerchiamo di comprendere come l'antenna compie la funzione di generatore di onde hertziane.

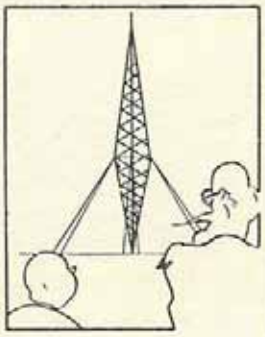


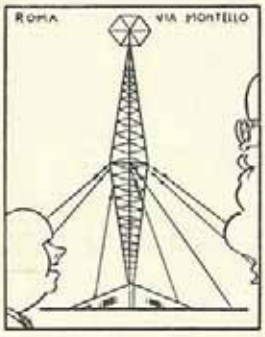


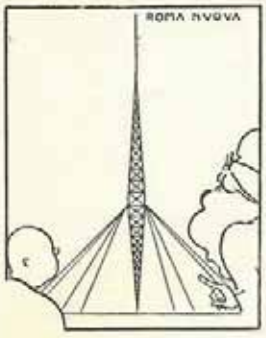


« Vi sono molti tipi di antenne per trasmissione, e la scelta dell'uno o dell'altro tipo è soprattutto determinata dalla gamma di lunghezza d'onda per la quale l'antenna deve funzionare. Per le onde medie della radiodiffusione il tipo impiegato è l'antenna detta ad alto T. Due piloni metallici alti in media un centinaio di metri e distanti presso a poco altrettanto l'uno dall'altro, sostengono per mezzo di due funi di acciaio un conduttore orizzontale al punto di mezzo del quale è collegato e sospeso un conduttore verticale che arriva sino al suolo. Tra le funi d'acciaio ed il conduttore orizzontale vi è buon numero di isolatori. L'antenna propriamente detta, e cioè il complesso di conduttori nei quali circola la corrente a radiofrequenza e che irradiano le onde, è costituita dal tratto orizzontale e dal tratto verticale bene isolati dalle funi metalliche e dai piloni di sostegno. Non bisogna infatti confondere l'antenna elettrica da quelli che sono semplicemente i sostegni materiali dell'antenna. Notiamo che il tratto orizzontale è semplicemente un ripiego per evitare di dover innalzare troppo l'antenna e quindi i piloni. Un'antenna nella quale il tratto orizzontale venisse disposto verticalmente in prosecuzione del tratto verticale sarebbe un poco più efficiente, ma d'altra parte assai più costosa e quindi non conveniente. Ultimamente sono

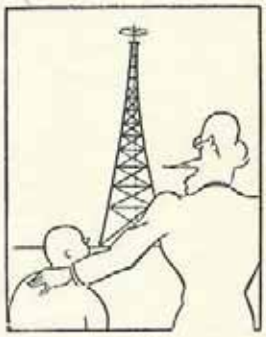


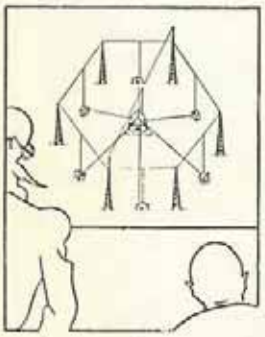




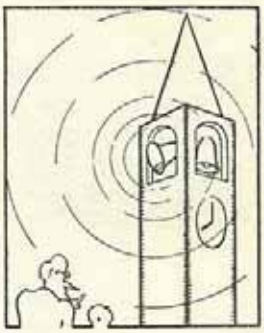


stati ideati dei nuovi tipi di antenna allo scopo di eliminare i piloni di sostegno che diminuiscono l'efficienza di radiazione delle onde ed arrecano altre perturbazioni. Un'antenna di tale tipo è quella a pilone autoirradiante. Vi è un unico pilone metallico, ben isolato dal suolo, che serve esso stesso da conduttore per la irradiazione delle onde. E cioè le correnti a radiofrequenza all'uscita della linea ad alta frequenza sono inviate al pilone stesso nel quale circolano. La prima antenna di tale tipo in Italia fu quella della stazione radiofonica di Roma della potenza di 1 kW., installata sul tetto del palazzo di via Montello. Il parasole metallico all'estremità serviva ad allungare elettricamente il pilone e corrispondeva al tratto orizzontale delle antenne ad alto T. Anche la seconda stazione ad onde medie di Roma di 60 kW. ha una antenna con pilone autoirradiante alto 265 metri. Un tubo a telescopio allungabile fissato all'estremità del pilone permette di allungare od accorciare l'antenna per le regolazioni. Il pilone grava con tutto il suo peso su un doppio isolatore di porcellana a snodo sferico alto m. 1,60 e capace di sopportare una pressione di 700 tonnellate. Gli otto stralli che si agganciano alla parte mediana del pilone sono in fune d'acciaio di sei cm. di diametro. Un simile pilone costa circa un milione di lire.



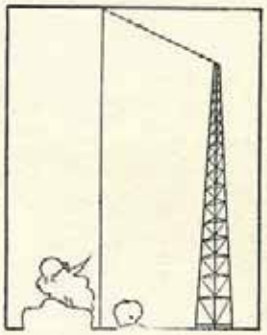


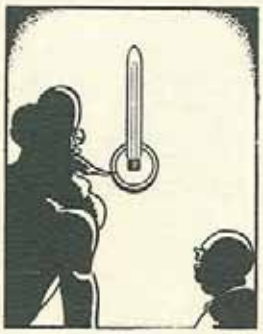
« In altri tipi di antenne vi è un unico pilone di legno nell'interno del quale è sospeso verticalmente il conduttore metallico che costituisce il radiatore di onde. Hanno avuto ultimamente grande sviluppo studi per realizzare delle antenne tali da diminuire il fenomeno dell'affievolimento, e cioè quelle noiose evanescenze che si riscontrano durante la ricezione delle stazioni lontane. Vedremo in seguito a che cosa sono dovute precisamente le evanescenze, ma sin da ora posso dirle che esse derivano dal fatto che le onde sono dalle antenne irradiate tanto verso l'alto quanto orizzontalmente lungo la superficie terrestre. Le evanescenze restano notevolmente diminuite costituendo antenne che irradiano poco verso l'alto rispetto a quanto esse irradiano orizzontalmente. Antenne che rispondono a tali requisiti sono dette « antievanescenza ». Le antenne ad alto T ed a pilone autoirradiante opportunamente impiegate sono già discretamente « antievanescenza ». Ma la tecnica ha studiato ora delle antenne «antievanescenza» assai complicate che dovrebbero risolvere assai bene il problema di aumentare la zona di intensità di ricezione costante intorno al trasmettitore. Lei vede qui riprodotto un modello di tali antenne « antievanescenza ». Il loro funzionamento è assai complicato e non è il caso di entrare in dettagli ».

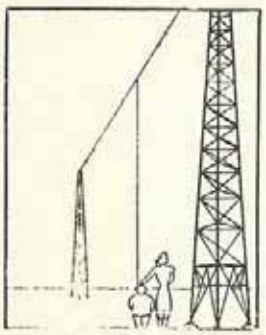


« Quindi, signor Fonolo, l'antenna di trasmissione sarebbe l'organo che trasforma la potenza sotto forma di corrente elettrica nell'antenna in potenza sotto forma di onde elettromagnetiche nello spazio. Ma che sono le onde radioelettriche? ».

« Cosa sia esattamente l'onda radioelettrica è difficile da spiegare perchè nessuno lo sa esattamente e diverse teorie si contendono il campo, e perchè una illustrazione esauriente richiede conoscenze matematiche ed elettriche assai complesse. Cercherò tuttavia di spiegarmi con facili parole. Già abbiamo parlato delle onde sonore o acustiche che si propagano essenzialmente attraverso l'aria. Le onde acustiche e altre vibrazioni ondulatorie si propagano anche attraverso solidi e liquidi. Ad esempio una cartuccia di dinamite che esplode sotto l'acqua produce delle onde nell'interno della massa di acqua così violente da uccidere tutti i pesci che si trovano in un certo raggio. I sommergibili in immersione possono comunicare tra di loro per mezzo di vibrazioni trasmesse attraverso la massa d'acqua. Come facilmente vibrazioni ondulatorie si trasmettano attraverso i solidi può essere ad esempio notato ascoltando i rumori emessi dai radiatori del termosifone quando le condutture sono percosse anche a diecine di metri di distanza, ad esempio in cantina presso la caldaia. Ma il tipo di

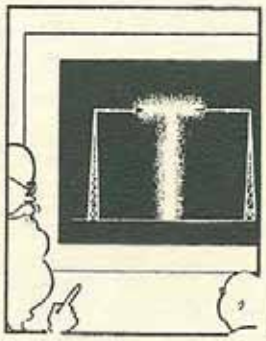






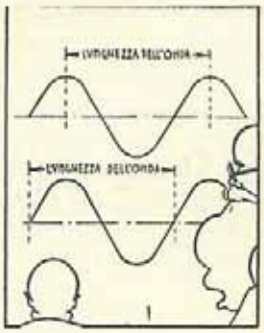
onda che colpisce di più l'attenzione è quella superficiale generata su uno specchio tranquillo d'acqua, quando ad esempio un sughero galleggiante è agitato. Le onde sono allora ben visibili. Anche le onde marine sono un esempio tipico di propagazione di onde materiali.

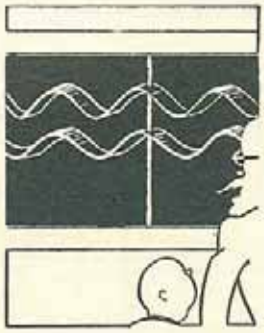
« Le onde elettromagnetiche della radio si propagano invece in un mezzo immateriale, ipotetico: l'etere. E cioè si immagina che venga posto in vibrazione l'etere circostante all'antenna, il quale trasmette le vibrazioni sino alle più grandi distanze. La similitudine più corrispondente è quella del filamento incandescente di una lampadina elettrica. Nel filamento di una lampadina di illuminazione viene, come lei sa, inviata una corrente elettrica la quale riscaldando il filamento produce una irradiazione di onde luminose che si allontanano alla velocità di 300.000 chilometri al secondo. La potenza elettrica nel filamento della lampadina viene trasformata in onde luminose ed in calore. Analogamente nel filo dell'antenna viene inviata una corrente che produce una irradiazione di onde radioelettriche. Anche in questo caso la potenza elettrica nel filo dell'antenna viene trasformata in parte in onde radio e in parte in calore. L'unica differenza tra le due radiazioni consiste nella lunghezza delle onde. Le onde luminose hanno una lunghezza d'onda infe-

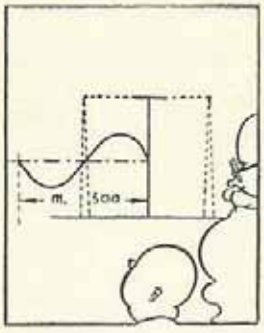


riore al millesimo di millimetro, mentre le onde medie della radiodiffusione hanno da 200 a 600 metri circa di lunghezza d'onda. Già molto tempo prima dell'invenzione della radio, Maxwell, vissuto tra il 1831 ed il 1879, aveva dimostrato teoricamente con il calcolo matematico che le onde luminose e le onde elettromagnetiche sono la stessa cosa, ciò che fu effettivamente verificato più tardi sperimentalmente. Se fosse possibile generare con un trasmettitore radio delle onde della lunghezza di quelle luminose, e cioè meno di un millesimo di millimetro, vedremmo le antenne della radio brillare di luce straordinariamente intensa. Mentre per le onde acustiche e per le vibrazioni di carattere meccanico attraverso i materiali solidi, liquidi e gasosi la velocità con la quale le onde si propagano non è che di qualche centinaio di metri al secondo, per le onde elettromagnetiche la velocità è enormemente più grande: esse si allontanano dall'antenna a 300.000 chilometri al secondo, e cioè alla stessa velocità con la quale viaggiano le onde luminose che sono della stessa natura. Ciò che vuol dire che le onde radio possono compiere in circa un decimo di secondo il giro della terra ».

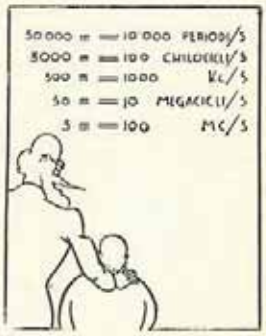
« Caspita! E' una velocità difficile da immaginare! Ma che cosa sono, signor Fonolo, le lunghezze d'onda delle quali si parla continuamente? ».

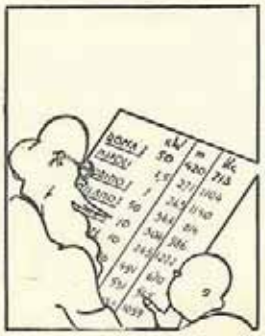






« Per avere una chiara idea di che cosa sia la lunghezza d'onda cominciamo con l'esaminare le onde sulla superficie dell'acqua. La lunghezza d'onda è semplicemente la distanza tra due creste consecutive. Qualunque sia il tipo di onda, la lunghezza d'onda è sempre la distanza tra due massimi consecutivi, oppure, ciò che è lo stesso, il doppio della distanza tra due passaggi consecutivi per lo zero. Nel caso delle onde radioelettriche vi è una stretta relazione tra la frequenza, e cioè il numero di oscillazioni al secondo della corrente che circola nell'aereo, e la lunghezza delle onde elettriche nello spazio. Ricordiamo che durante un secondo l'antenna genera un numero di onde eguale al numero di oscillazioni che compie la corrente in un secondo e che l'onda si allontana dall'antenna alla medesima velocità della luce, e cioè 300 milioni di metri al secondo. Quindi su una distanza teorica di 300 milioni di metri a partire dall'aereo sono distribuite, l'una di seguito all'altra, tante onde quante sono le oscillazioni che in un secondo ha compiuto la corrente nell'aereo. Ne consegue che ogni onda è lunga 300 milioni di metri divisi per il numero di oscillazioni della corrente al secondo. Ad esempio un'onda lunga 300 metri corrisponde ad una frequenza di un milione di periodi al secondo, o, come si dice abitualmente, mille chilocicli al secondo. Un'onda di 30

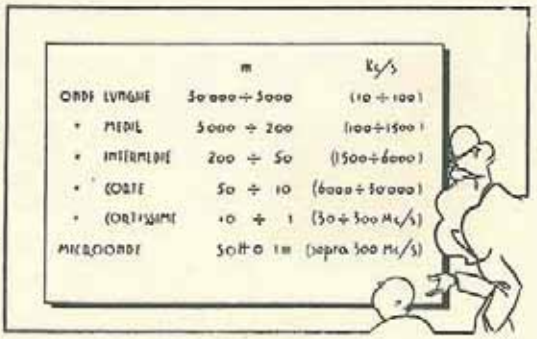


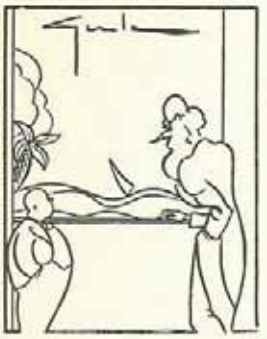


metri di lunghezza a dieci milioni di periodi al secondo, 10.000 chilocicli al secondo. Tre metri a 100.000 chilocicli o cento megacicli al secondo, e così via. Una formulina semplicissima permette di ricavare la lunghezza d'onda dal numero di periodi al secondo della corrente ad alta frequenza e viceversa. E' quindi entrato nell'uso corrente di indicare una trasmissione invece che con la lunghezza dell'onda, e cioè in metri, con il numero di periodi al secondo della corrente a radiofrequenza, e cioè in chilocicli al secondo o megacicli al secondo. Diciamo che è preferibile l'indicazione della frequenza a quella della lunghezza d'onda, in quanto che in tutte le apparecchiature trasmettenti e riceventi ci troviamo in presenza della corrente a radiofrequenza e solo nello spazio tra l'antenna trasmettente e quella ricevente si hanno le onde ».

« Ho perfettamente capito, signor Fonolo. Come si dividono le onde a seconda della loro lunghezza? ».

« Il concetto di onda corta od onda lunga è molto relativo e si può dire che esso muta con i tempi. Nel 1920, e cioè prima che venissero valorizzate le onde al disotto dei 200 metri, si chiamavano onde corte quelle di 300 metri e onde lunghe quelle di 20.000 metri. Oggi l'ascoltatore di radiodiffusione usa chiamare onde corte quelle da 10 a 50 metri, onde medie quelle da 200 a 600 metri, onde



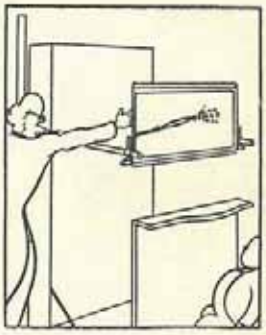


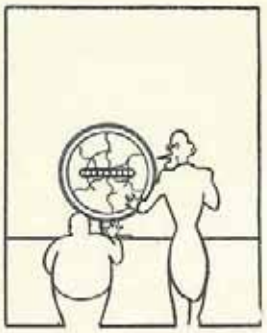
lunghe quelle dai 1000 ai 2000 metri perchè è in queste tre gamme di onde che trasmettono le stazioni di radiodiffusione, e con le denominazioni di corte, medie, lunghe egli indica le tre gamme di onde che lo interessano. La suddivisione ufficiale riconosciuta internazionalmente è però quella indicata su questa lavagna. L'onda più lunga adoperata commercialmente è quella di 30.000 metri, sulla quale onda ha trasmesso durante la guerra la stazione radiotelegrafica di Lione. Attualmente nessuna stazione trasmette oltre i 20.000 metri.

« E' difficile dire quale sia l'onda più corta, perchè ogni giorno che passa si realizzano comunicazioni su onde sempre più corte. Qualche anno fa l'onda più corta utilizzata commercialmente era quella di 9 metri impiegata fra la Sardegna e l'Italia. Ma ora si hanno comunicazioni commerciali su onde di qualche diecina di centimetri, ad esempio tra il Vaticano e Castel Gandolfo. E non è detto che non riuscirà conveniente in un avvenire più o meno lontano ricorrere ad onde di lunghezza ancora minore ».

« Sono tutte egualmente efficienti le varie onde? ».

« No, Condensino, ed è appunto per questo che onde di diversa lunghezza devono essere impiegate nei vari casi. Prima di descriverle le differenze che si riscontrano da onda ad onda voglio fare con lei una passeggiata per l'etere.



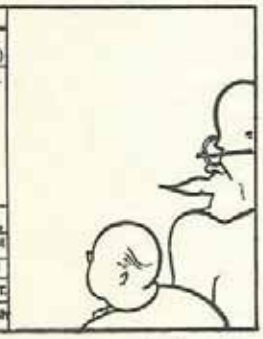


« Come già le ho detto, le onde della radio non costituiscono che una breve gamma di tutte le onde elettromagnetiche. All'infuori delle lunghezze d'onda delle onde radioelettriche, e cioè su altre lunghezze d'onda, si hanno radiazioni aventi caratteristiche del tutto diverse. Ad esempio le onde aventi lunghezze comprese tra miliardesimi di millimetro e una piccola frazione di millesimo di millimetro (corrispondenti a frequenze da miliardi di miliardi a milioni di miliardi di vibrazioni ogni secondo) costituiscono i raggi X e del radium. I raggi cosmici hanno lunghezze d'onda ancora minori e un numero di oscillazioni al secondo ancora maggiore.

« Verso le onde più lunghe confinano con i raggi X i raggi ultravioletti che hanno lunghezze d'onda di frazioni di millesimo di millimetro e frequenze di milioni di miliardi di oscillazioni al secondo. Poi, sempre aumentando la lunghezza d'onda, troviamo le onde luminose di poco più lunghe delle onde ultraviolette.

« Confinanti con le onde luminose sono le onde infrarosse e i raggi calorifici, che hanno lunghezze d'onda da circa un millesimo di millimetro a una frazione di millimetro (frequenze valutate ancora in migliaia di miliardi di oscillazioni al secondo). E poi cominciano le onde della radio, quelle più corte, di pochi millimetri o centi-

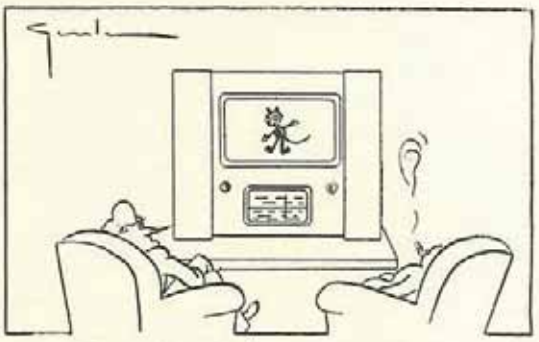
LUNGHEZZA D'ONDA	FREQUENZA IN PERIODI AL SECONDO	CARATTERE
NON HANNO PRATICAMENTE RADIAZIONI	15 - 50 50 - 10.000	CORRENTI INDUSTR. SUONI (FREQ. MUSIC.)
30.000 - 3000 m	10.000 a 100.000	ONDE HERTZIANE LUNGHE
3000 - 200 m	100.000 - 1.500.000	MEDIE
200 - 50 m	1.500.000 - 6.000.000	INTERMEDIE
50 - 10	6.000.000 - 30.000.000	CORTE
10 - 1 m	30.000.000 - 300.000.000	CORTISSIME
1 m - 0,10	300.000.000 - 3.000.000.000	MICROONDE
10 cm - 5 mm circa	3.000.000.000 - 100.000.000.000	ONDE HERTZIANE ESTREMITÀ INFRAROSSE
0,2 mm - 0,000375 mm	1.500.000.000.000 - 400.000.000.000.000	ONDE CALORIFICHE ED INFRAROSSE
0,75 millesimi di mm (μ) - 0,375 μ	400.000.000.000.000 - 780.000.000.000.000	ONDE LUMINOSE
0,375 μ - 0,150 μ	780.000.000.000.000 - 2.000.000.000.000.000	RAGGI ULTRAVIOLETTI
0,15 μ - 0,000005 μ	2.000.000.000.000.000 - 60.000.000.000.000.000.000	RAGGI X E DEL RADIUM



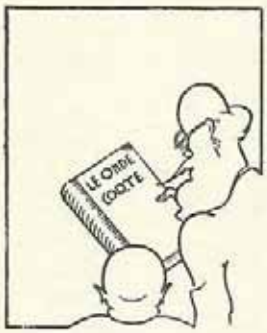
metri, generate nei laboratori e per ora non impiegate nelle radiocomunicazioni. Le frequenze non sono più che decine di miliardi, o semplicemente qualche miliardo, di oscillazioni al secondo. Le onde praticamente impiegate nelle radiocomunicazioni vanno da qualche centimetro (centinaia di milioni di oscillazioni al secondo) a 30.000 metri (10.000 oscillazioni al secondo). Al disopra di questa lunghezza d'onda, e quindi per correnti aventi una frequenza inferiore a 10.000 oscillazioni al secondo, non si ha praticamente più una radiazione di onde. Le correnti aventi frequenze da 50 a 10.000 oscillazioni al secondo, trasformate però in vibrazioni meccaniche, dànno luogo alle onde sonore musicali delle quali abbiamo già diffusamente parlato. Le correnti da 15 a 50 oscillazioni al secondo sono impiegate per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica per illuminazione e per forza motrice sulle reti elettriche ».

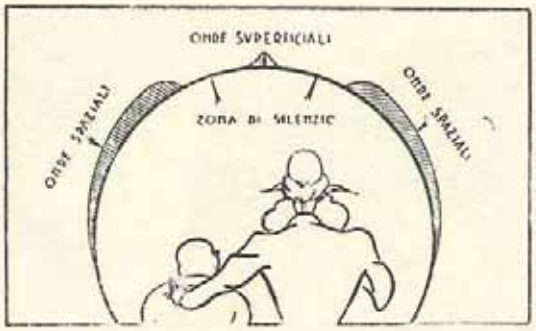
« E' straordinario come solo variando la lunghezza delle onde si ottengano degli effetti così diversi! ».

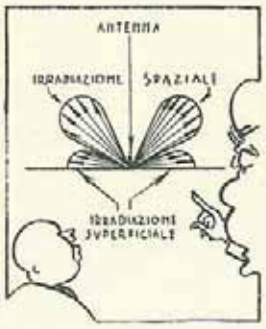
« Anche le onde radio si comportano diversamente a seconda della lunghezza d'onda. Quelle più corte si avvicinano, ad esempio, alle caratteristiche delle onde luminose con le quali confinano. Le onde di qualche centimetro si possono facilmente riflettere per mezzo di riflettori parabolici secondo strettissimi



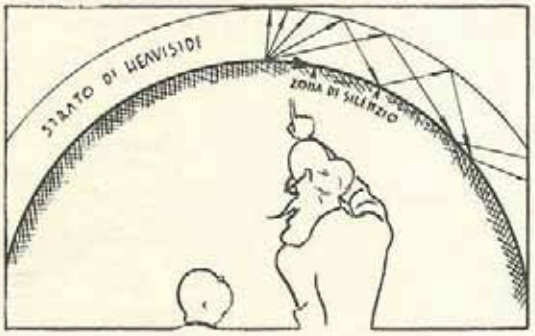
pannelli di energia. Esse sono fortemente assorbite dalle masse semi-isolanti come case, montagne, alberi, non vanno molto lontano e non possiedono che in misura minima la proprietà di contornare gli ostacoli (diffrazione). In pratica le microonde (cioè le onde sotto il metro) hanno una portata che non sorpassa l'orizzonte ottico. Esse sono quindi impiegate per comunicazioni a brevissima distanza, tra punti in vista l'uno dell'altro, quando interessi la segretezza delle comunicazioni, che può essere facilmente ottenuta trasmettendo con fasci sottilissimi di energia per mezzo di appositi riflettori. L'energia richiesta è minima: con qualche watt si ottengono risultati soddisfacenti. Le onde cortissime, e cioè da 1 metro a 10 metri, conservano ancora in forte misura le caratteristiche delle onde luminose. Esse però, in confronto alle microonde, contornano meglio gli ostacoli, attraversano meglio le masse semi-isolanti e portano più lontano, però non molto oltre l'orizzonte ottico. E' più difficile ottenere dei fasci sottili con riflettori parabolici di piccole dimensioni. Su queste onde, sinora non sfruttate, e precisamente tra i 5 e gli 8 metri, stanno trovando posto i servizi di radiotelevisione circolare. Con qualche chilowatt di potenza potranno essere servite zone di qualche diecina di chilometri intorno al trasmettitore.







« La quasi totalità delle radiocomunicazioni si svolge su onde di lunghezza superiore ai 10 metri. Le onde corte, e cioè dai 10 ai 50 metri, hanno caratteristiche preziose e assai singolari. Allontanandosi dalla stazione trasmettente, la ricezione si affievolisce rapidamente e a pochi chilometri di distanza essa diviene nulla. Allontanandosi però ulteriormente, la ricezione, dopo essere rimasta per molti chilometri nulla, ricompare quasi improvvisamente con grande intensità per diminuire poi molto lentamente sino alle più grandi distanze, per esempio gli antipodi, e questo anche con potenze esigue alla trasmissione. La distanza alla quale ricompare la ricezione può variare, secondo l'onda, l'ora, la stagione, da qualche decina a qualche migliaio di chilometri. La zona nella quale non si ha ricezione si chiama « zona di silenzio ». Essa è tanto più ampia quanto più l'onda è corta, e aumenta d'inverno e di notte. La zona di silenzio è dovuta al fatto che l'antenna irradia energia sia nella direzione della superficie del suolo, sia verso l'alto. L'energia irradiata lungo il suolo (onde superficiali) è quella che fornisce la ricezione a brevissima distanza dal trasmettitore. Le onde superficiali si attenuano rapidamente in causa dell'assorbimento di energia effettuato dal terreno e dagli ostacoli, e dopo pochi chilometri esse si sono così attenuate da non consentire



più una ricezione. Ha allora inizio la zona di silenzio. L'energia irradiata verso l'alto (onde spaziali) non prosegue però il suo viaggio verso l'infinito, allontanandosi indefinitamente dalla terra, perchè la terra è tutta inviluppata da una superficie sferica conduttrice, e quindi opaca e riflettente per le onde radioelettriche. Tale superficie, chiamata strato di Heaviside o jonosfera, è distante circa 100 km. dalla superficie terrestre, è costituita dall'aria rarefatta che a tali altezze è jonizzata, e cioè resa parzialmente conduttrice, da raggi solari e da altri raggi. Le onde spaziali sono pertanto riflesse verso il suolo, ma, per un fenomeno analogo a quello che si riscontra per le onde luminose, solo le onde irradiate in direzione sufficientemente diversa da quella perpendicolare allo strato riflettente vengono efficientemente riflesse. Le altre penetrano nella jonosfera e sono quasi completamente assorbite. Quindi le onde riflesse ritornano al suolo solo oltre una certa distanza dal trasmettitore. La zona di silenzio è compresa tra il limite estremo di propagazione delle onde superficiali ed i punti nei quali ha inizio il ritorno sulla terra delle onde spaziali riflesse ».

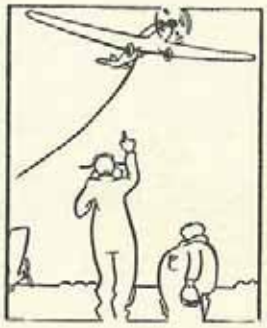
« Perchè, signor Fonolo, si hanno le variazioni, alle quali lei ha accennato, della zona di silenzio ed a che cosa sono dovute quelle caratteristiche variazioni che si riscontrano nell'intensità

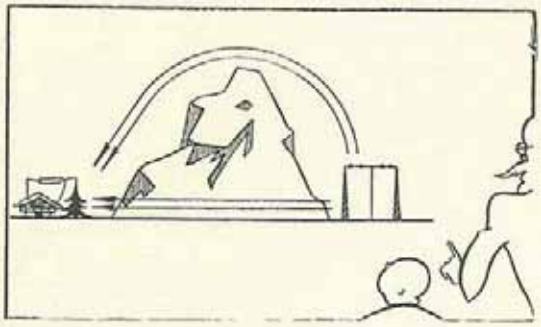
della ricezione delle onde corte? ».

« Vede, Condensino, lo strato jonizzato, o jonosfera, non ha caratteristiche fisse. Le dirò anzi che esso è probabilmente costituito da più strati, ciascuno dei quali ha caratteristiche differenti e si sposta nel tempo. Ne deriva che la riflessione delle onde dalla jonosfera è una somma di fenomeni piuttosto complessi e variabili da momento a momento, ciò che spiega le variazioni nell'ampiezza della zona di silenzio e gli affievolimenti od evanescenze (in inglese « fading ») che si riscontrano nella ricezione a grande distanza delle onde corte.

« Al disotto di una certa lunghezza d'onda, che può variare secondo le condizioni da 9-10 metri a 20-25 metri, non si ha più riflessione di onde spaziali sulla terra e la ricezione si limita a quella a brevissima distanza dell'onda superficiale, come avviene ad esempio per le onde cortissime e le microonde.

« Le onde corte sono sfruttate nelle comunicazioni radiotelegrafiche a grandissima distanza e per la radiodiffusione mondiale, appunto per la proprietà che presenta l'onda spaziale riflessa di raggiungere le più grandi distanze anche con una potenza minima del trasmettitore. In relazione a questo è nata tutta una tecnica la quale indica, per ogni regione, distanza, ora, giorno dell'anno, quale è l'onda più conveniente.

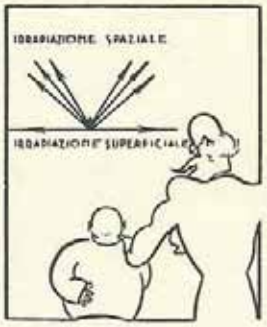


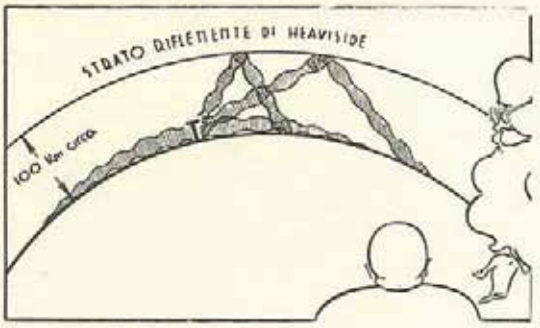


« La gamma delle onde intermedie, da 50 a 200 metri, non presenta molto interesse per il radioascoltatore. In essa si hanno soprattutto stazioni per comunicazioni di carattere commerciale, quasi tutte telegrafiche, e stazioni dilettantistiche in quei Paesi ove ciò è permesso. Invece grande importanza per il radioascoltatore hanno le onde medie, e cioè quelle tra i 200 e i 3000 metri, poichè è su tali onde che avvengono le radiodiffusioni. Però non tutta questa gamma è occupata dalle radiodiffusioni: a queste sono assegnate le onde dai 200 ai 545,5 metri, e al disopra di tale lunghezza di onda, in quanto a radiodiffusione, vi è solo qualche stazione europea. Sulle onde da 545,5 a 3000 metri trovano invece posto le trasmissioni delle navi, degli aeroporti e aeroplani, dei radiofari, delle stazioni radiotelegrafiche commerciali ».

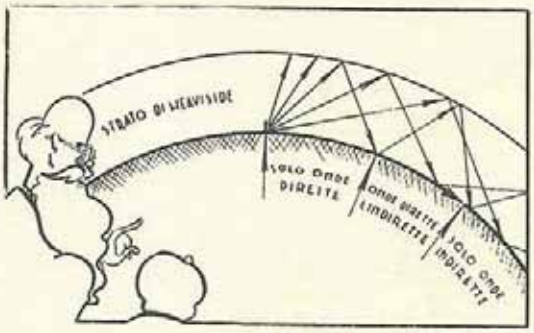
« Lei, signor Fonolo, mi ha descritto le caratteristiche delle lunghezze d'onda da pochi centimetri a qualche decina di metri, caratteristiche così diverse per le varie lunghezze d'onda. Quali sono le caratteristiche di queste onde da 200 a circa 600 metri? ».

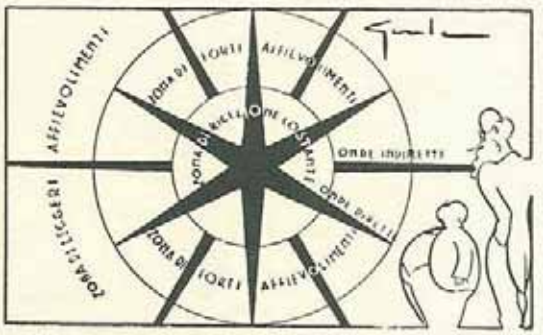
« Queste lunghezze d'onda godono in pieno delle proprietà tipiche delle onde radio di contornare gli ostacoli, seguire la superficie terrestre propagandosi anche notevolmente oltre la linea dell'orizzonte, attraversare grandi masse,





purchè queste ultime non siano conduttrici, come case in muratura e montagne rocciose. Esse vanno però notevolmente soggette al fenomeno dell'affievolimento, di cui abbiamo già parlato, e cioè a quei noiosi affievolimenti della ricezione che durano talvolta parecchi minuti e che si notano soprattutto per le stazioni lontane. Le cause degli affievolimenti per le onde medie sono le stesse che originano la zona di silenzio, della quale abbiamo già parlato, per le onde corte. Anche qui siamo in presenza di una irradiazione da parte dell'antenna di onde superficiali e di onde spaziali che lo strato di Heaviside riflette nuovamente verso il suolo. Però, essendo la lunghezza d'onda assai più lunga, le onde superficiali arrivano più lontano, anzi, così lontano da raggiungere la zona ove si ha il ritorno delle onde spaziali riflesse dallo strato di Heaviside. Mentre viene quindi a mancare la zona di silenzio, si crea una zona ove esistono contemporaneamente e con intensità che può non essere molto diversa, tanto l'onda superficiale diretta quando l'onda spaziale indiretta. Le due onde interferiscono tra di loro e si dimostra matematicamente che tale interferenza può causare tanto un aumento quanto una diminuzione dell'intensità della ricezione, rispetto all'intensità che si otterrebbe se fosse presente solo l'onda spaziale o solo quella superficiale.





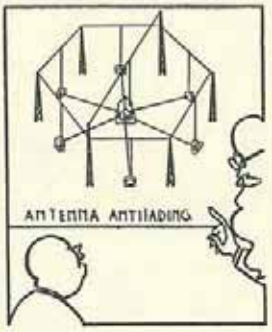
E precisamente in un dato punto l'interferenza produce un aumento o una diminuzione della ricezione secondo la lunghezza del percorso compiuto dalle onde indirette. Siccome lo strato di Heaviside si sposta, viene di conseguenza a variare la lunghezza del percorso compiuto dalle onde indirette e quindi l'intensità della ricezione. Al di là della zona di interferenza tra le onde dirette e quelle indirette e cioè dove permangono solo queste ultime, la ricezione è assai più costante, gli affievolimenti essendo solo prodotti dalle interferenze di onde indirette che seguono percorsi diversi e da variazioni nelle proprietà riflettenti dello strato di Heaviside ».

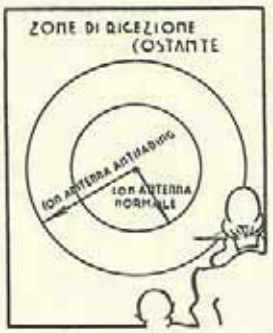
« Quindi, se ho ben capito, signor Fonolo, gli affievolimenti sono dovuti a fenomeni di propagazione delle onde e disturbano maggiormente in una zona ad una certa distanza dal trasmettitore ».

« Perfettamente, Condensino, e questo le spiega perchè la ricezione di alcune stazioni è maggiormente disturbata dagli affievolimenti di quella di altre stazioni più lontane o più vicine ».

« Gli affievolimenti della ricezione non possono essere diminuiti in qualche modo? ».

« Vi sono due mezzi pratici per diminuirli: il primo agisce alla trasmissione ed il secondo alla ricezione. In trasmissione si cerca di irradiare l'energia per quanto possibile in direzione del suolo anzichè verso l'alto.



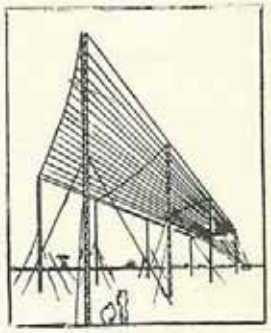


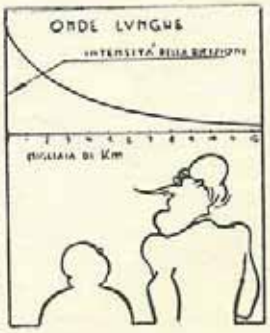
« Le antenne che hanno una forte irradiazione orizzontale rispetto a quella verticale si chiamano appunto antenne antievanescenza. Di tali antenne abbiamo già parlato quando abbiamo esaminato i sistemi radiatori di onde. L'antenna trasmettente antievanescenza evidentemente non abolisce gli affievolimenti, ma allarga solo la zona di ricezione costante. Gli apparecchi riceventi moderni sono però muniti di dispositivi, detti appunto antievanescenza od « antifading », che mantengono automaticamente costante la intensità della ricezione.

« Tali dispositivi sono basati sul fatto che le valvole amplificatrici dei ricevitori amplificano più o meno secondo la grandezza delle tensioni elettriche ad esse applicate. Si costituiscono allora i circuiti in modo che quando i segnali si indeboliscono, le tensioni elettriche variano opportunamente così da aumentare il potere amplificatore delle valvole. L'intensità dei segnali all'uscita del ricevitore si mantiene di conseguenza quasi costante ».

« E le onde lunghe, al di sopra dei 3000 metri, che caratteristiche hanno? ».

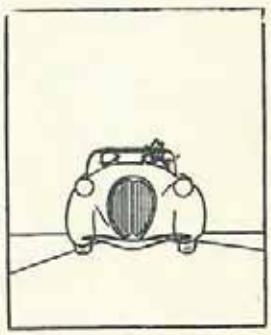
« Su tali onde trovano posto potenti stazioni radiotelegrafiche commerciali per il servizio continentale e transoceanico. Si tratta in gran parte di stazioni preesistenti alla valorizzazione delle onde corte. Dato che lo sviluppo dell'antenna deve essere proporzionato alla lunghezza d'onda, le an-

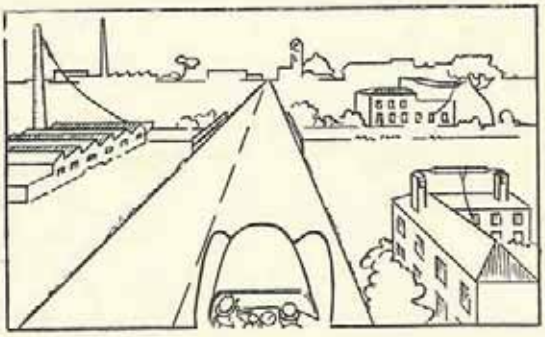




tenne per le onde lunghe hanno dimensioni enormi e sono costosissime. E' anche questo uno dei motivi per cui le onde corte, non appena furono accertate le loro ottime qualità di propagazione, hanno avuto un rapido successo commerciale. L'onda lunga non subisce il fenomeno degli affievolimenti ed è caratterizzata da una buona regolarità di propagazione sino alla più grandi distanze. Ma necessita di una grande potenza alla trasmissione, centinaia e centinaia di chilowatt per le comunicazioni transoceaniche. Le stazioni sulle onde lunghe sono ormai assai ridotte di numero, quasi tutti i servizi commerciali essendosi spostati sulle onde corte, assai più economiche come impianto e come esercizio. E così, caro Condensino, abbiamo terminato la rassegna delle apparecchiature usate nella trasmissione e delle proprietà delle onde radioelettriche che servono di veicolo alle manifestazioni del pensiero umano.

« Le onde si irradiano dall'antenna trasmettente e si propagano intorno ad essa giungendo sino alle lontane antenne riceventi destinate a captarle per azionare i radioricevitori. Possiamo quindi abbandonare la stazione di trasmissione ed andare a vedere come funziona la parte ricevente. Venga, Condensino, andiamo a casa mia. Compiamo ora lo stesso tragitto che fanno le onde per andare dal trasmettitore a casa



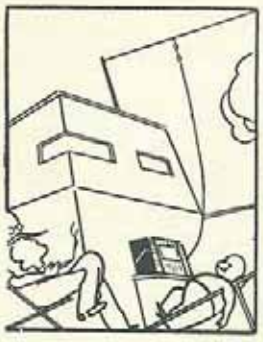


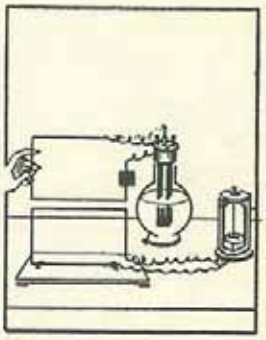
mia, ma a velocità alquanto minore! Mentre noi, lanciati a tutta velocità, facciamo un metro, le onde compiono 15.000 chilometri, arrivano cioè quasi agli antipodi. Lei vede, sparsi nella campagna, i tipi più disparati di antenne riceventi. Vi sono quelle a L rovesciato, quelle a T, quelle quasi verticali, a un solo filo e a due fili, alcune assai efficienti e altre poco efficienti. Per alcuni ricevitori non si vede l'antenna perchè essa è interna, oppure è sostituita da un attacco di fortuna, per esempio alle grondaie, alla ringhiera metallica di un balcone o di una scala, ai fili della luce o ad altri corpi conduttori che possono talvolta funzionare discretamente bene da antenna ».

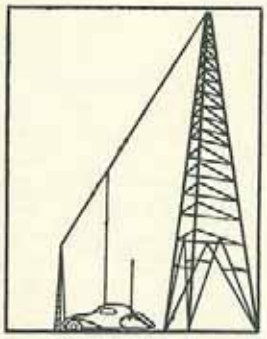
« Qual è, signor Fonolo, il tipo più efficiente di antenna ricevente? ».

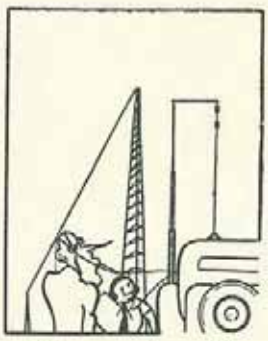
« Occorre innanzi tutto che le spieghi come funziona la antenna ricevente. Lei comprenderà allora chiaramente quali sono i principi che bisogna osservare per costituire un aereo ricevente efficiente.

« Ricordiamo intanto che l'antenna ricevente ha la funzione di captare una frazione dell'energia irradiata dall'antenna trasmettente, frazione che è estremamente piccola. La potenza sviluppata nell'antenna ricevente può non essere che un milionesimo della milionesima parte della potenza in giuoco nella antenna trasmettente ed ottenersi ancora una buona ricezione.

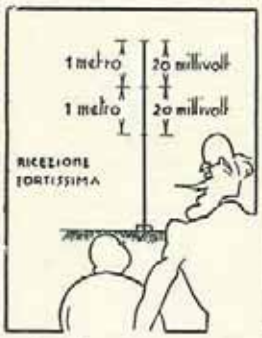


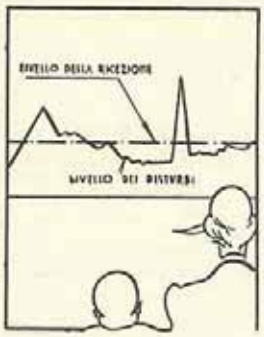


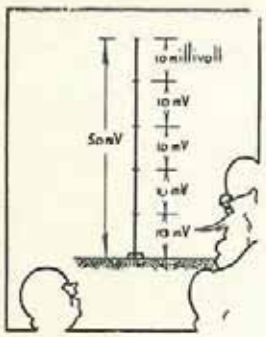




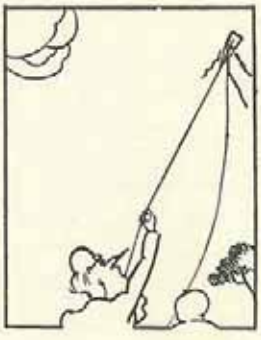
« Per studiare come funziona l'antenna ricevente cominciamo con il ricordare un classico fenomeno della elettrotecnica che si dimostra sperimentalmente in modo assai facile. Se poniamo due fili metallici paralleli e facciamo percorrere uno di essi da una corrente elettrica variabile, nel secondo filo si sviluppa una forza elettromotrice la quale, come si sa, viene misurata in volt. E' il noto fenomeno dell'induzione elettromagnetica in base al quale funzionano, ad esempio, i trasformatori e le macchine generatrici di energia elettrica. In questo esperimento la corrente è fornita al circuito induttore da una pila e resa variabile da un interruttore a lamina vibrante. Nel circuito indotto la corrente elettrica indotta è rivelata da un galvanometro. Allontanando l'uno dall'altro i fili, la corrente indotta diminuisce rapidamente ed a breve distanza non è più percettibile. Se noi collochiamo quindi un'antenna ricevente parallela e molto vicina (qualche metro ad esempio) a quella trasmettente, nell'antenna ricevente viene indotta una forza elettromotrice proprio come avviene tra i due fili di cui sopra o tra i due avvolgimenti di un trasformatore industriale. Allontanando l'antenna ricevente, continua a svilupparsi in essa una forza elettromotrice che si affievolisce rapidamente con la distanza, ed al di là di qualche centinaio di metri tale forza elettromotrice

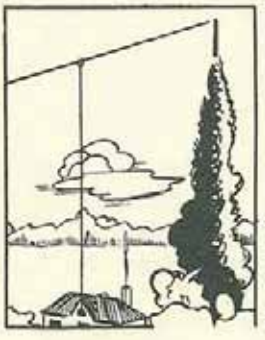


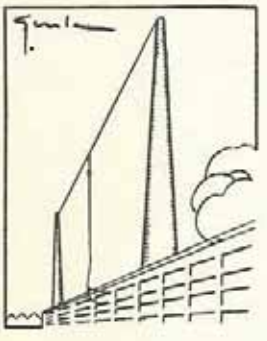




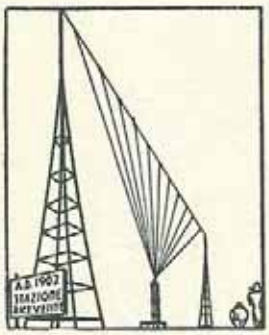
non è più prodotta dall'induzione, che si è ridotta a un valore trascurabile, ma bensì dalle onde elettriche che si sono staccate dall'antenna. L'intensità delle onde elettriche in un dato luogo si valuta correntemente riferendosi alla forza elettromotrice che viene sviluppata in un metro di antenna ricevente verticale. Una forza elettromotrice di 20 millesimi di volt per metro permette una ricezione molto intensa anche con apparecchi poco sensibili, per esempio a cristallo senza antenna esterna, e l'ascoltatore è sicuro di avere una buona ricezione qualunque sia la forza dei disturbi. Per ricevere però stazioni lontane occorrono ricevitori di elevata selettività. Una forza elettromotrice di 5 a 20 millivolt per metro permette una buona ricezione su cristallo disponendo di una antenna esterna. I disturbi più forti possono però già influenzare la ricezione. Una forza elettromotrice da 1 a 5 millivolt per metro non permette più una buona ricezione se i disturbi sono forti. Al disotto di 1 millivolt per metro la ricezione comincia a essere debole, naturalmente in confronto al livello dei disturbi. Entro limiti normali, la forza elettromotrice nell'antenna ricevente verticale è tanto maggiore quanto più essa è lunga, e vale precisamente il numero di millivolt per metro prodotti dalle onde moltiplicato per i metri di lunghezza dell'antenna. Ad esempio, in una

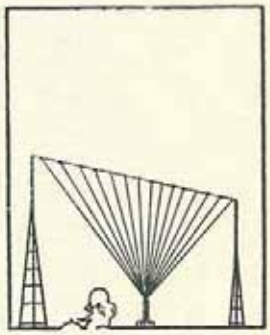


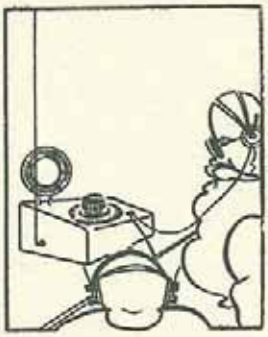




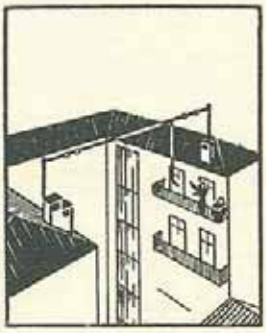
antenna alta 5 metri in un luogo dove le onde producono un campo elettrico di 10 millivolt per metro si sviluppa una forza elettromotrice di 0,05 volt (50 millivolt). Se l'antenna non è verticale la sua efficienza come collettore delle onde medie è diminuita, e questo tanto più quanto più essa si allontana dalla direzione verticale. Un'antenna quasi ideale e molto efficace è costituita da un filo verticale che si eleva a grande altezza dal suolo, perchè in esso viene sviluppata dalle onde una elevata forza elettromotrice. L'altezza dell'antenna non è però l'unico elemento importante. Occorre anche curare che il conduttore sia collocato ove l'intensità delle onde è forte, e quindi il più lontano possibile dai fabbricati, dalle masse metalliche, dagli ostacoli che possono schermare le onde. Interessa inoltre che dove è l'antenna ivi sia basso il livello dei disturbi industriali. Ciò porta a riconoscere che un'antenna ricevente ideale, dal punto di vista dell'efficienza come collettore di onde, sarebbe quella costituita da un filo verticale alto qualche diecina di metri, in piena campagna o sopra i tetti delle case, un'antenna, cioè, assai simile a quella di trasmissione. In pratica bisogna forzatamente accontentarsi di assai meno. Fortunatamente la grande sensibilità dei ricevitori moderni non rende più necessarie le antenne molto sviluppate.

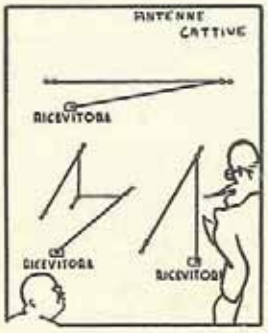




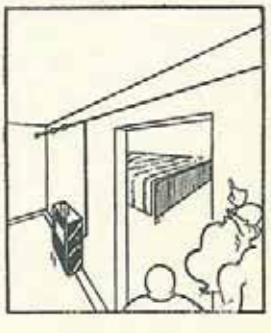


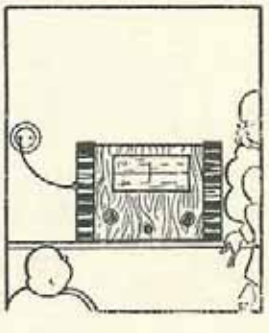
« Una volta, infatti, quando i ricevitori erano poco sensibili, il problema dell'antenna ricevente era risolto cercando di captare la maggior quantità possibile di energia. Si costruivano quindi antenne molto alte, utilizzanti anche parecchi conduttori. Le antenne riceventi professionali erano le stesse antenne impiegate per la trasmissione e le rare antenne dilettantistiche erano esse pure molto sviluppate. Con tali antenne si riusciva a comunicare, naturalmente con segnali radiotelegrafici, attraverso gli oceani senza amplificatori. Oggi, che si hanno ricevitori sensibilissimi, la considerazione principale è quasi sempre quella dei disturbi e non vi è più interesse a raccogliere la massima energia possibile perchè vengono contemporaneamente raccolti anche i disturbi di origine atmosferica e industriale. Per essere precisi bisogna a questo proposito distinguere due casi: quello nel quale il ricevitore è di piccola sensibilità e quello nel quale il ricevitore è di grande sensibilità. Se il ricevitore è di piccola sensibilità, allora vi è interesse a sviluppare molto l'aereo in modo da raccogliere molta energia. Tali ricevitori sono però impiegati per la ricezione della stazione locale e per questo non occorre un aereo molto sviluppato. Se d'altra parte si volesse impiegare un ricevitore poco sensibile alla ricezione di stazioni lontane sviluppando molto l'aereo, si finirebbe per ricevere simultaneamente più stazioni data la scarsa selettività che hanno normalmente tali ricevitori. Quindi per ricevitori poco sensibili, come quelli a cristallo od a una e due valvole, impiegati per la ricezione della stazione locale, sono sufficienti antenne di pochi metri di sviluppo, possibilmente verticali o quasi verticali. Se non è possibile tendere un'antenna verticale si può ricorrere ad un'antenna in parte verticale e in parte orizzontale, pur ricordando che il tratto orizzontale è poco efficace. Le antenne devono essere tese in spazio libero da ostacoli, specialmente se metallici, e bene isolate elettricamente. E' inutile tendere più di un filo. Evitare i zig-zag e gli angoli acuti. Se le onde sono molto intense nella località ove è il ricevitore, possono anche risultare sufficienti le così dette « antenne di fortuna », ma si deve ricordare che esse sono pochissimo efficienti e che non sempre tali antenne consentono una ricezione sufficiente. Le antenne di fortuna sono essenzialmente le seguenti. In prima linea le antenne interne. Esse sono costituite da un filo conduttore teso sul poggiuolo o nell'interno dell'edificio seguendo le esigenze di ubicazione. Se la casa è in cemento armato con struttura metallica, l'antenna interna viene ad essere schermata rispetto alle onde in arrivo e la sua efficienza è di conseguenza assai ridotta e può anche essere nulla. Per aumentare al massimo l'energia captata da tali antenne bisogna dare loro il maggior sviluppo possibile, evitando però angoli acuti e ritorni del conduttore nella stessa direzione. E soprattutto isolarle bene. Altra antenna di fortuna assai impiegata è quella che utilizza i fili della luce, collegando la presa di aereo del ricevitore alla presa luce attraverso un opportuno condensatore elettrico. La spina per la presa di corrente già munita del condensatore, è abitualmente chiamata « tappo luce ».

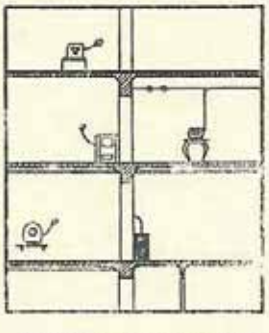


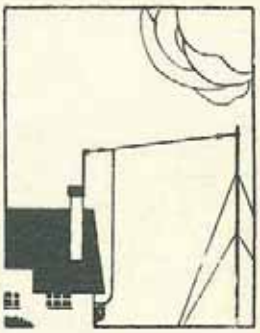


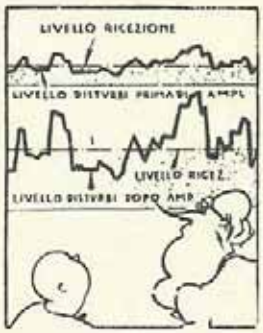
« Quale parte dell'impianto elettrico contribuisca maggiormente alla ricezione è difficile stabilire. Il più delle volte interrompendo il circuito luce alla entrata dell'appartamento non muta la ricezione, ciò che indicherebbe che il tratto di conduttore che funziona utilmente è limitato. Altre volte l'intensità della ricezione varia modificando le condizioni dell'impianto, per esempio installando un nuovo ricevitore anche a notevole distanza dal primo. Può accadere che l'intensità vari fortemente, fino anche ad annullarsi, e che queste variazioni si ripetano tutti i giorni alle stesse ore, quando vengano, ad esempio, chiusi od aperti interruttori sulle linee elettriche o messi in funzione radioricevitori negli alloggi vicini. Può avvenire di conseguenza che la ricezione sia nulla durante il giorno e forte alla sera, o viceversa.



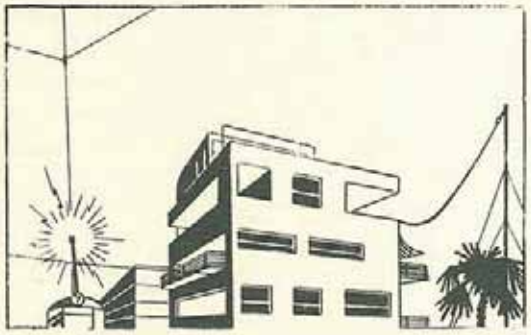




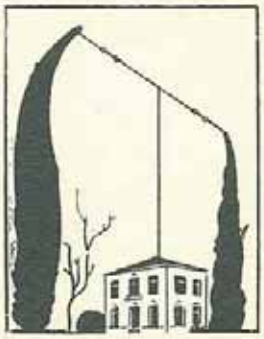


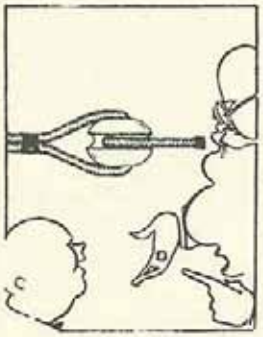


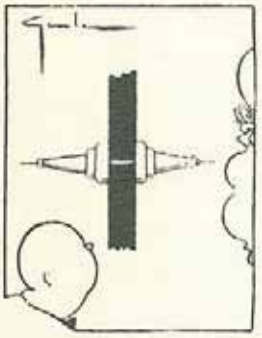
« Altre antenne di fortuna sono le tubazioni dell'acqua, del gas e del termosifone, le quali però, scarsamente isolate, sono dei pessimi collettori di onde. Anche queste antenne di fortuna sono facilmente influenzate, per il fatto stesso del loro cattivo isolamento e delle loro lunghe diramazioni, dal punto di vista della costanza della ricezione. Sono state segnalate come antenne di fortuna anche le cose più varie: alberi, muri, lampadari, e persino il corpo umano, ma la loro efficienza è minima. Quando non si può ottenere una ricezione sufficientemente forte della stazione locale con un'antenna di fortuna bisogna ricorrere ad una piccola antenna esterna, come le ho spiegato sopra. Se con un ricevitore poco sensibile si vogliono ricevere le stazioni lontane bisogna ricorrere ad un'antenna molto efficiente, del tipo precedentemente visto. Ma, come già s'è detto, la mancanza di selettività pone ben presto un limite al raggiungimento di risultati soddisfacenti. Se invece il ricevitore è di grande sensibilità interessa soprattutto ottenere il massimo rapporto tra la corrente dei segnali e la corrente dovuta ai disturbi. Gli amplificatori provvedono poi ad elevare il livello dei segnali. Ma occorre tenere presente che il rapporto tra il segnale utile e il segnale parassita, come è dall'antenna ricevente trasmesso agli apparecchi riceventi, non viene più praticamente



modificato, e quindi le possibilità di ricezione dipendono da questo rapporto e non dal valore assoluto del segnale utile generato nell'antenna. L'aereo non deve quindi essere in questo caso molto elevato, per non captare troppo i disturbi atmosferici, ma piuttosto collocato in una posizione tale che sia forte il campo elettrico dei segnali utili e debole il campo elettrico dei segnali parassiti. Ad esempio un aereo di fortuna non è molto indicato con un ricevitore molto sensibile perchè si trova più o meno schermato rispetto ai segnali utili, mentre è prossimo a tutte le sorgenti di segnali parassiti di carattere industriale, come campanelli, telefono, motori, tranvai, ascensori, ecc. Un piccolo aereo sopra i tetti o tra due alberi o tra un palo e la casa è assai indicato. Anche in questo caso è inutile tendere più di un filo. Conviene pure ricordare che il tratto orizzontale ha poco effetto nel migliorare l'efficienza dell'aereo, mentre esso può essere un ottimo captatore di disturbi. Tale tratto deve essere quindi poco sviluppato. Come lei vede, Condensino, a seconda dei casi esiste l'aereo più adatto. Chi vuole ricevere solo la stazione locale, e i segnali sono sufficientemente forti, può utilizzare come antenna la rete luce o tendere una piccola antenna interna. Chi, con un apparecchio poco sensibile, voglia ricevere stazioni lontane

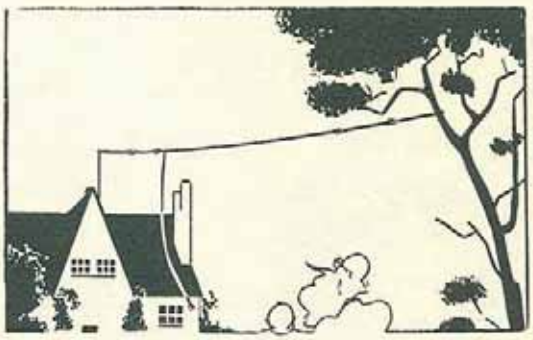


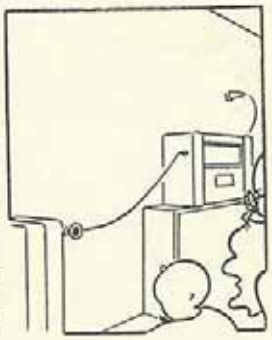




deve ricorrere ad antenne sviluppate ed efficienti, e questo tanto più quanto più sono elevate le sue esigenze. Troverà però non poche difficoltà a separare tra loro le varie trasmissioni. Chi dispone di un apparecchio molto sensibile avrà sempre una ricezione sufficientemente intensa anche utilizzando una qualsiasi antenna di fortuna, ma potrà essere assai disturbato dai disturbi di carattere industriale. Potrà migliorare la sua ricezione con una piccola antenna esterna bene installata e bene isolata. Il quale tipo di antenna è pur sempre quello che conviene meglio in ogni caso. Il diametro del filo conduttore non ha praticamente importanza, una volta che esso è sufficientemente robusto per consentire una giusta tensione del filo. Gli isolatori non occorre siano grossi: due o tre isolatorini a uovo od a sella servono ottimamente. L'entrata in casa può avvenire sia per mezzo di un isolatore apposito, sia attraverso un foro in un vetro.

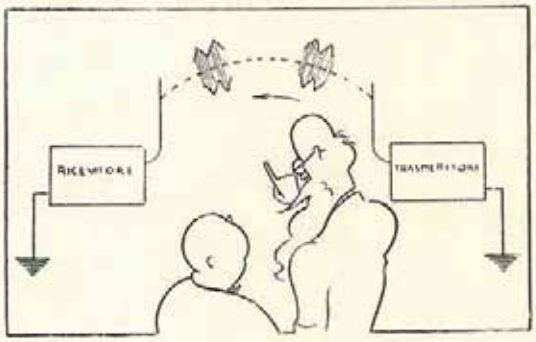
« In conclusione, l'antenna vera e propria può anche essere sostituita da un qualsiasi sistema di fortuna, ma occorre ricordare che in tale caso i risultati possono essere assai scadenti ed anche nulli. E soprattutto incostanti perchè ad ogni momento possono variare le condizioni dell'antenna. Nulla vale una buona antenna indipendente, ben isolata e sistemata con buon criterio tecnico ».

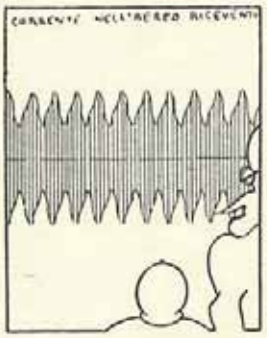


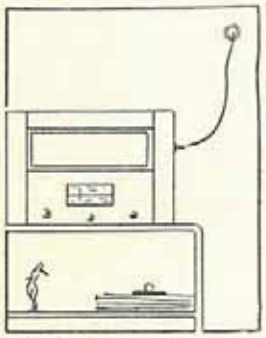


« Ora, signor Fonolo, ho delle idee molto chiare sulle antenne. Appena sarò di ritorno a casa installerò un'antenna come la vedo io. Avrò un successone con tutti i miei amici. Ma... e la presa di terra? Ne sento sovente parlare come di cosa importantissima ».

« La presa di terra dovrebbe a rigore essere fatta sotterrando in suolo di terra umida, ad uno o più metri di profondità, della lamiera metallica tra due strati di carbone e collegando mediante un conduttore di rame di grosso diametro e di lunghezza minima possibile la lamiera all'apparecchio ricevente. In pratica, sia per la difficoltà di potere disporre di una simile presa di terra, sia per il fatto che i risultati ottenuti sono pressochè eguali, si ricorre a procedimenti assai più semplici. I quali consistono soprattutto nel considerare come « terra » il tubo del gas o quelli dell'acqua e del termosifone, ed effettuare quindi il collegamento di terra dal ricevitore ad uno di questi tubi. L'attacco elettrico al tubo prescelto per la terra deve essere fatto rispettando alcune norme. Innanzi tutto la superficie del tubo deve essere pulita, esente da vernici od ossidazioni. Il contatto deve essere solido ed ampio con una buona legatura di filo di rame di preferenza stagnato che lo ricopra per un centimetro o due. Il collegamento al ricevitore deve avere la minima lunghezza, ciò che

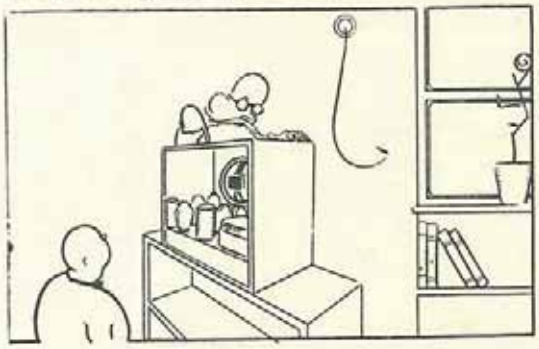






si ottiene scegliendo il tubo più vicino ed il percorso più corto.

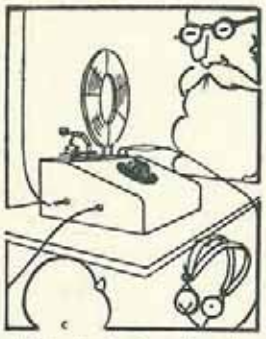
« L'antenna viene collegata all'apposito morsetto del ricevitore e, passando attraverso il circuito d'entrata del ricevitore, prosegue verso la presa di terra. Abbiamo quindi di fronte, sia pure a notevole distanza e con l'interposizione di ostacoli, l'antenna trasmettente e quella ricevente, collegate elettricamente dalle onde radio. Nell'antenna ricevente, e cioè dall'estremità dell'aereo alla terra, passando attraverso al circuito d'entrata del ricevitore, circola una corrente prodotta da quella che circola nel lontano aereo trasmettente. E qui lei deve notare l'elemento fondamentale del fenomeno: la corrente nell'aereo ricevente è identica alla corrente che percorre l'antenna trasmettente. E' cioè una corrente di alta frequenza (parecchie centinaia di migliaia di alternanze ogni secondo) modulata a frequenza musicale, nel nostro caso 435 vibrazioni al secondo corrispondenti al « la » emesso dal violoncello dinanzi al microfono. La forma dell'ondulazione a frequenza musicale che inviluppa la corrente portante ad alta frequenza è quindi la stessa forma della corrente musicale generata nel microfono e corrispondente all'onda sonora emessa dal violoncello. Si è quindi ottenuto di fare circolare nel circuito di entrata del ricevitore una corrente elet-

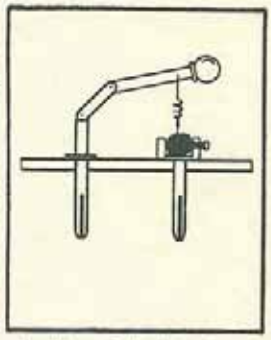


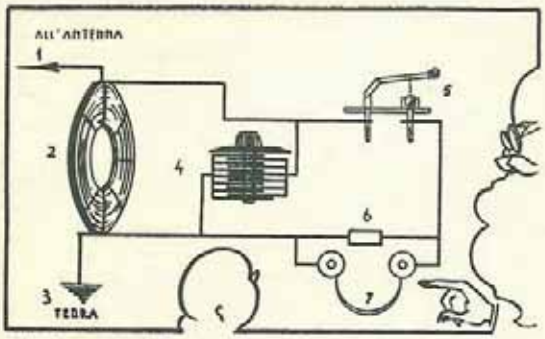
trica portante fedelmente impresse le caratteristiche della corrente elettrica nel microfono del lontano auditorio, e quindi le caratteristiche dell'onda sonora generata dal violoncello. Il passo più importante è compiuto, ed occorre ora sfruttare tale corrente per riprodurre il suono del violoncello. A questo provvede appunto il ricevitore, il quale può avere diversa costituzione e diverse funzioni a seconda dell'intensità che si vuole dare alla riproduzione sonora, della facilità di ricevere stazioni lontane, della possibilità di separare le stazioni tra di loro, della qualità della ricezione, della praticità nell'uso, eccetera. Si possono pertanto avere ricevitori semplicissimi e di basso costo e ricevitori complicatissimi e di prezzo elevato.

« La scelta del ricevitore dipende dalle esigenze dell'ascoltatore, dall'efficienza dell'antenna ricevente, dall'esistenza o meno di stazioni trasmettenti vicine ».

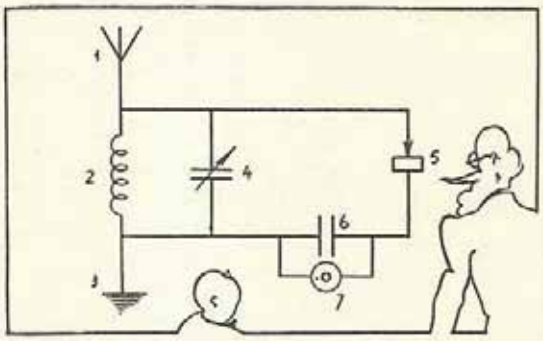
« Signor Fonolo, devo dirle che comincio a divenire entusiasta della radio, oltre che come ascoltatore, per il meraviglioso concatenarsi dei fenomeni che in un perfetto seguito armonico congiungono a migliaia di chilometri di distanza esecutori ed ascoltatori. Comprendo ora quanto possa appassionare lo studio della radiotecnica e perchè i radiotecnici considerino la loro scienza come una vera arte ».

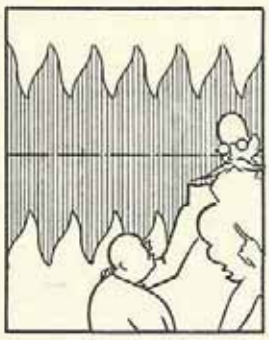






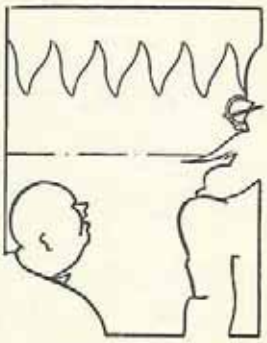
« Ora, Condensino, le spiego come funziona un ricevitore a cristallo, per esempio a cristallo di galena. Questo tipo di ricevitore è il più semplice che si possa realizzare, ma fornisce per contro una intensità di ricezione che è appena sufficiente ad azionare una o più cuffie, e non un altoparlante. L'elemento più importante del ricevitore è il detector, o rivelatore, a galena. Esso è così costituito: una spirale metallica, che termina con una sottilissima punta, è fissata ad un braccio, anch'esso di metallo, che può essere alzato o abbassato e spostato in ogni senso. La punta della spirale può così essere appoggiata su ogni punto di un cristallo di galena, che è fissato sulla basetta del detector. Su questo schizzo il detector è segnato col numero 5. Altri elementi del ricevitore sono: la bobina di induttanza 2, che è un avvolgimento di qualche decina di spire di filo di rame isolato; il condensatore variabile 4, nel quale due serie di lamine metalliche possono essere affacciate più o meno tra di loro per far variare quello che si chiama la capacità del condensatore; il condensatore fisso 6, nel quale le due serie di lamine sono fisse e la capacità è quindi costante; la cuffia 7. La bobina ed il condensatore variabile formano il circuito oscillatorio. Nello schizzo sono segnati anche i fili che collegano elettricamente tra di loro i vari elementi del circuito. Tale sistema per rappresentare un circuito non è però pratico ed i tecnici ricorrono al cosiddetto schema, nel quale ogni elemento è rappresentato da un simbolo convenzionale. Lei vede, ad esempio, lo schema del ricevitore di cui parliamo, e vi riconosce immediatamente ogni elemento del circuito, contraddistinto con lo stesso numero dello schizzo ».

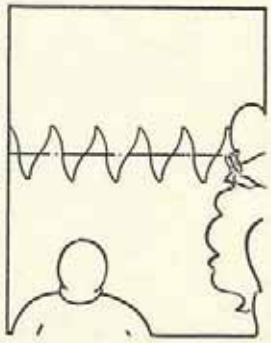


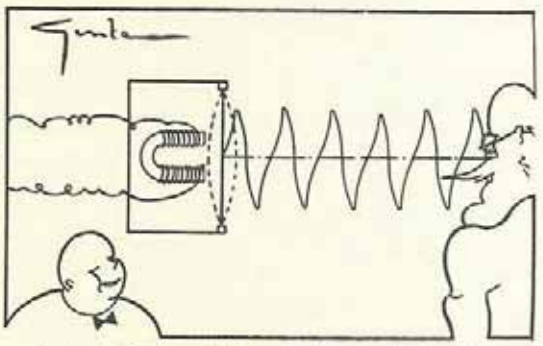


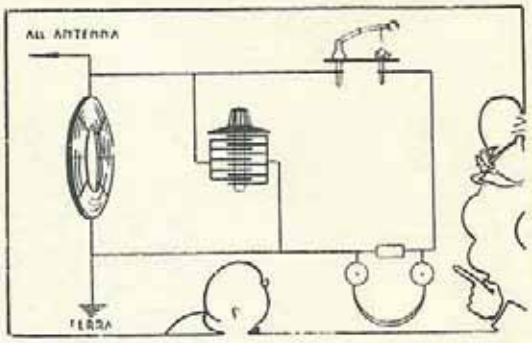
« Ma perchè occorre tutta questa roba, signor Fonolo, e non basta metter la cuffia tra l'antenna e la terra per trasformare la corrente in suoni? ».

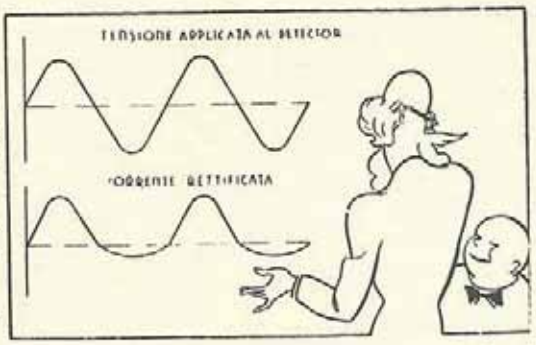
« Se lei, Condensino, adoperasse la sola cuffia non sentirebbe nulla. Non bisogna dimenticare che la corrente che circola tra antenna e terra è corrente ad altissima frequenza, nel nostro caso un milione di oscillazioni al secondo, e che la corrente di frequenza musicale è rappresentata solo dalla fluttuazione di questa corrente ad alta frequenza. Il valore medio di tale corrente è nullo. Del resto correnti con un numero così grande di oscillazioni per secondo non potrebbero percorrere gli avvolgimenti delle elettrocalamite dei ricevitori telefonici, nè le membrane vibranti di questi ultimi potrebbero eseguire vibrazioni così rapide. Occorre compiere quel processo chiamato « rivelazione » o « rettificazione », il quale consiste nel sopprimere la corrente di alta frequenza conservando solo la fluttuazione a frequenza musicale. E' il processo inverso a quello della modulazione nei trasmettitori. Ad esso provvede appunto il detector, il quale presenta la proprietà di lasciare passare tra il cristallo e la punta della spirale la corrente in un solo senso e quindi solo una metà delle oscillazioni. La corrente, come si dice, rettificata, è formata di tanti impulsi tutti nello stesso senso, così che il valore medio di questa corrente non è più nullo, ma ha un andamento corrispondente alla fluttuazione a frequenza musicale. Gli impulsi caricano il condensatore 6 ad una tensione che segue fedelmente la fluttuazione a frequenza musicale ed in ultima analisi l'originale corrente microfonica. Agli estremi della cuffia è pertanto applicata una tensione pulsante riproducente la corrente microfonica e che mantiene una eguale corrente negli avvolgimenti delle elettrocalamite dei ricevitori telefonici. La membrana di ferro, che è di fronte alle elettrocalamite, è più o meno attratta in proporzione al valore della corrente nelle elettrocalamite stesse e vibra di conseguenza seguendo la fluttuazione della corrente. E siccome questa fluttuazione riproduce la corrente microfonica, la quale a sua volta riproduce l'onda sonora, la membrana del ricevitore della cuffia vibra a 435 vibrazioni al secondo riproducendo la nota del violoncello dal quale siamo partiti ».











« Le confesso, signor Fonolo, che non è senza fatica che ho seguito la sua descrizione. Alcuni punti del funzionamento del ricevitore a cristallo non mi sono riusciti molto chiari. Ad esempio, perchè la spirale del detector è mobile? ».

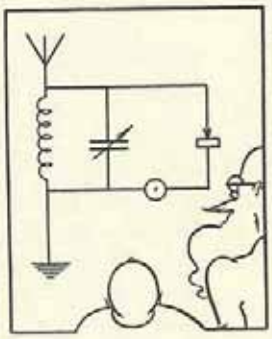
« Perchè non tutti i punti del cristallo di galena sono egualmente sensibili. Bisogna cercare con un po' di pazienza un buon punto sensibile e regolare la pressione della punta sul cristallo. Un urto, una scarica atmosferica possono distruggere od attenuare la sensibilità del punto ed in tale caso occorre cercare un altro punto ».

« Perchè il detector a cristallo non può azionare un altoparlante? ».

« Perchè il contatto punta metallica-cristallo non è atto a rettificare che correnti molto deboli. Oltre una certa intensità di corrente non rettifica più efficientemente, ed anzi il punto sensibile perde permanentemente la sua capacità a rettificare. Si dice che il punto sensibile del cristallo si brucia ».

« Perchè una corrente che passa tra una punta metallica ed un cristallo di galena viene rettificata, e cioè viene lasciata passare in un solo senso? ».

« Sono state date molte spiegazioni del fenomeno ma nessuna è interamente convincente. Il fatto è che attraverso il contatto una corrente elettrica passa facilmente in un senso ed è quasi completamente arrestata nel senso contrario ».

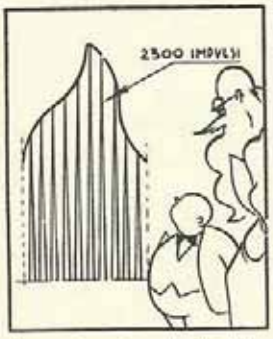


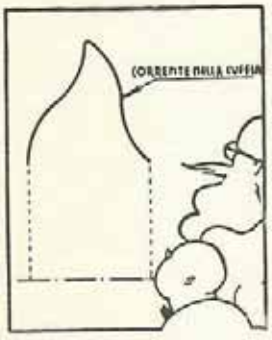
« Vi sono altri tipi di rettificatori, oltre quello a galena? ».

« Molti altri. Vi sono quelli che impiegano, al posto della galena, pirite, zincite, carborundum, ed altri che funzionano su principi completamente differenti. Quelli praticamente adoperati per rettificare le deboli correnti radioelettriche non sono però che due: il detector a galena per i semplicissimi ricevitori con cuffia ed il detector a valvola elettronica per i ricevitori con altoparlante ».

« Perchè in alcuni ricevitori non c'è il condensatore fisso in parallelo sulla cuffia? ».

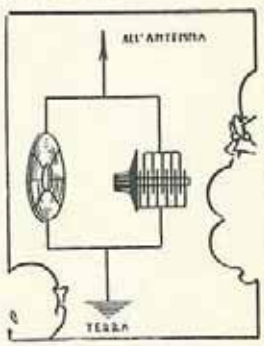
« L'avvolgimento delle elettrocalamite della cuffia possiede una capacità propria per cui esso può fungere

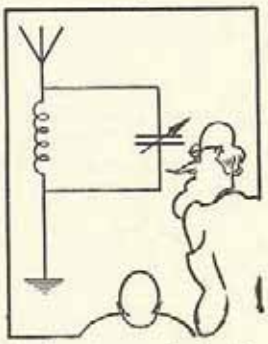


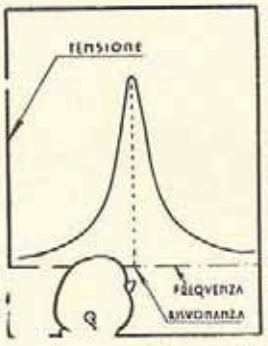


in certo qual modo da condensatore. E' però consigliabile inserire un vero e proprio condensatore che accumuli i brevissimi impulsi della corrente a radiofrequenza rettificata. Nel nostro caso in ciascuna delle onde che inviluppano la corrente portante a radiofrequenza vi sono 2300 brevissimi impulsi, ciascuno dei quali apporta una piccola carica elettrica al condensatore. La tensione ai poli di quest'ultimo segue la forma dell'onda che inviluppa la radio-frequenza, e cioè la forma dell'onda che vogliamo riprodurre. Tale tensione è inviata alla cuffia che è in parallelo al condensatore e vi mantiene una corrente della stessa forma ».

« Ed il circuito oscillatorio

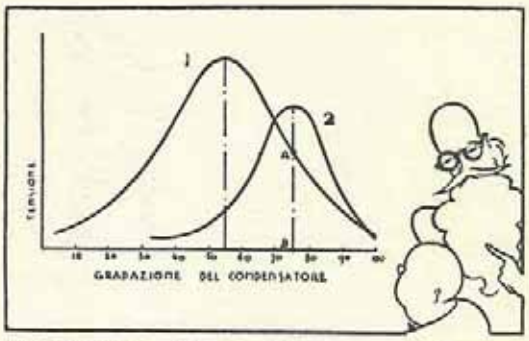


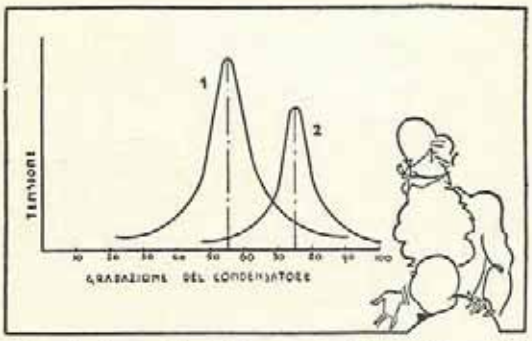




formato dal condensatore variabile e dall'induttanza a che cosa serve? ».

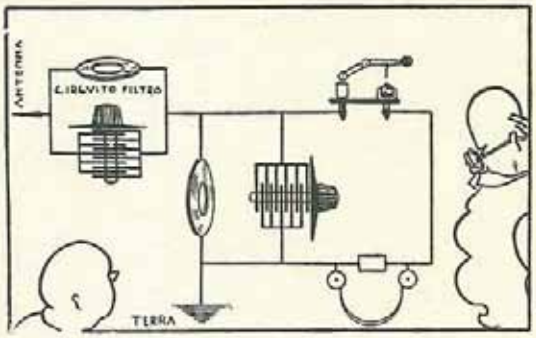
« Il suo scopo è quello di selezionare l'emissione che si vuole ricevere, eliminando le altre emissioni, e di aumentare l'intensità della ricezione. Il primo effetto è particolarmente importante in ricevitori sensibili che possono ricevere molte emissioni, mentre il secondo ha importanza nei ricevitori poco sensibili, per esempio in un ricevitore a galena nelle località ove è un solo trasmettitore locale. La tensione ai poli di un circuito oscillatorio, costituito da una bobina e da un condensatore in parallelo ed opportunamente inserito in una linea nella quale circola della corrente alternata, è massima per una frequenza della corrente alternata definita dai valori della induttanza e del condensatore. Allontanandosi da tale frequenza, la tensione cala rapidamente. Regolando pertanto la capacità del condensatore variabile si porta il circuito oscillante a dare la massima tensione, o, come si dice correntemente, a risuonare, ad essere sintonizzato od accordato sulla frequenza della stazione che si vuole ricevere. le altre stazioni rimanendo più o meno eliminate. In questo schizzo lei vede ad esempio quale è il valore di capacità che permette la massima intensità di ricezione su l'una o l'altra di tre stazioni e quale è ancora, per tale valore di capacità, l'intensità delle altre due stazioni ».

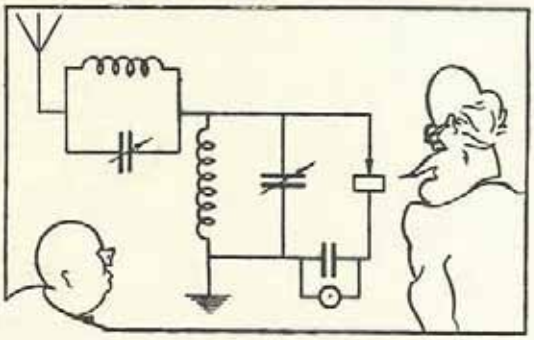




« Perchè talvolta sul mio ricevitore a galena non si riesce a separare le due stazioni locali che trasmettono contemporaneamente? ».

« Perchè il circuito oscillatorio non è sufficientemente selettivo. Quando esso è accordato su una delle due stazioni, la tensione prodotta dall'altra stazione ai suoi estremi è ancora sufficientemente forte da disturbare. Ecco per esempio le curve rappresentative della tensione prodotta agli estremi del circuito oscillatorio dalle stazioni 1 e 2 quando si ruota il condensatore. La stazione 1 è più forte e si riceve con la massima intensità quando il condensatore è su 55 gradi. Per tale posizione la stazione 2 si riceve assai debolmente e non disturba. Ma quando si vuole ricevere la stazione 2 e si regola per questo il condensatore su 75 gradi, la stazione 1 è ancora assai forte (valore A B), quasi come la stazione 2 e disturba notevolmente. Disponendo di un circuito oscillatorio più selettivo, si potrebbe praticamente eliminare ciascuna delle due stazioni, come è chiaramente mostrato in questo secondo disegno. In un piccolo apparecchio a galena per dilettanti è assai difficile realizzare un circuito oscillatorio molto selettivo, e quindi, quando non è possibile separare due stazioni con l'esistente circuito, l'unica cosa a farsi è di ricorrere ad un secondo circuito oscillatorio. Quest'ultimo si inserisce generalmente tra l'antenna ed il

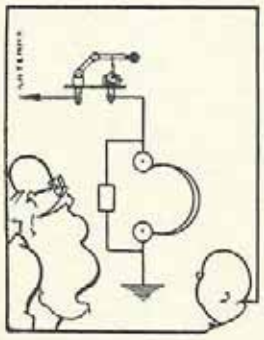


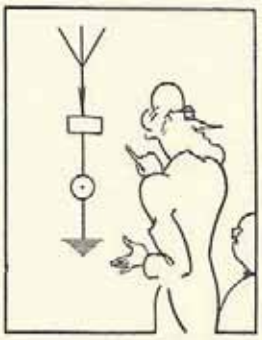


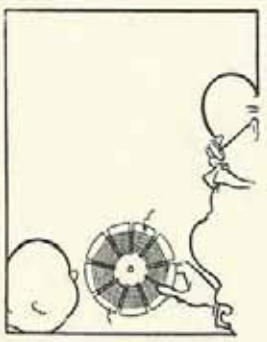
ricevitore, e si chiama allora circuito filtro. Lei, Condensino, vede la disposizione degli organi in questo schizzo e vede pure lo schema corrispondente. Il vecchio circuito oscillatorio si accorda sulla stazione che si vuole ricevere, mentre il circuito filtro si accorda sulla stazione che non si vuole ricevere. In questo modo la stazione che non si vuole ricevere produce la massima tensione tra i due estremi del circuito filtro, tensione che non agisce sul rettificatore a galena, mentre la stazione che si vuole ricevere produce la massima tensione tra i due estremi del vecchio circuito oscillatorio. E' questa tensione quella che viene applicata al rettificatore, il quale è appunto collegato in parallelo a questo circuito oscillatorio. In questo modo si riesce con sicurezza ad escludere la seconda stazione locale, od ogni altra stazione che disturbi nel caso che l'aereo sia così efficiente che il ricevitore a galena riesca a captare più stazioni ».

« Signor Fonolo, comprendo benissimo perchè dovendo selezionare le stazioni sia necessario ricorrere ad uno o più circuiti oscillatori, ma non comprendo perchè occorra un circuito oscillatorio quando non si può ricevere che una sola stazione e non vi è quindi pericolo di interferenze ».

« Infatti il circuito oscillatorio in questo caso non è indispensabile. Si può benissimo ricevere disponendo semplicemente le cose come







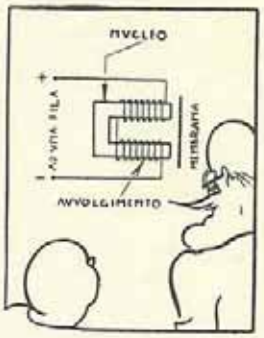
in questo schizzo. Per lo stesso motivo già spiegatole, si può anche abolire il condensatore fisso in parallelo alla cuffia ed allora il ricevitore diviene di una semplicità straordinaria: un detector ed una cuffia. Ecco lo schema corrispondente. Notiamo però che, per motivi tecnici che le risparmio, tale sistema è assai meno efficiente e quindi può essere impiegato solo quando la ricezione è molto facile. In caso contrario bisogna aggiungere un circuito oscillatorio ».

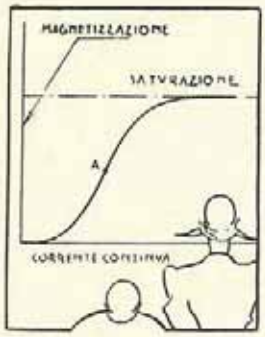
« Quante spire di filo devono avere le bobine? ».

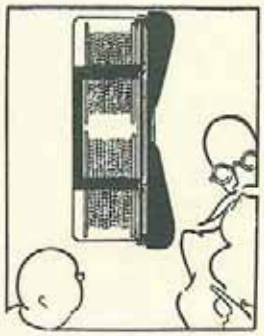
« Dipende soprattutto dalla lunghezza d'onda da ricevere e dalla lunghezza dell'antenna. Più l'onda è lunga e tanto maggiore deve essere il numero di spire, più l'antenna è lunga e tanto minore deve essere questo numero. In generale, da 20 a 40 spire, secondo i casi, vanno bene. Se con tutto il condensatore variabile inserito non si raggiunge ancora la massima intensità della ricezione, è segno che il numero di spire è insufficiente. Viceversa, se ciò avviene con tutto il condensatore escluso, è segno che vi sono troppe spire. Per il filtro vale lo stesso ragionamento, ricordando però che lo scopo da raggiungere è la minima intensità della stazione che non si vuole ricevere ».

« Grazie, signor Fonolo; posso continuare la fila dei perchè? ».

« Sono ben lieto di poter chiarire quei punti che le riescono ancora oscuri ».

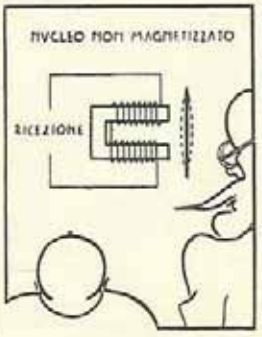


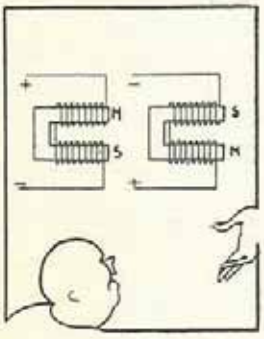




« Perchè la cuffia deve essere calamitata? ».

« Lei vuol dire perchè il nucleo dell'elettrocalamita deve essere magnetizzato. Consideri un'elettrocalamita con il suo nucleo di ferro non ancora magnetizzato e l'avvolgimento di filo conduttore intorno al nucleo. Se nell'avvolgimento facciamo passare una corrente continua progressivamente crescente, il ferro si magnetizza dapprima lentamente, poi rapidamente e poi di nuovo lentamente, sino ad un valore massimo, detto di saturazione, che non può essere aumentato per quanto si aumenti la corrente. Questo fenomeno è chiaramente illustrato in questo diagramma. Noti che sul tratto ripido intorno al punto A una piccola variazione della corrente continua produce una grande variazione nella magnetizzazione, mentre nei tratti inferiore e superiore ciò non avviene. Perchè la corrente variabile della ricezione produca le massime possibili variazioni di magnetizzazione del nucleo magnetico, condizione per la quale, come si vede nel diagramma, la membrana compie le vibrazioni più ampie, conviene mandare nell'avvolgimento oltre alla corrente variabile della ricezione anche una corrente continua che porti stabilmente la magnetizzazione al punto A. In pratica la magnetizzazione permanente non viene prodotta con un avvolgimento percorso da corrente, ma semplicemente ricorrendo ad una

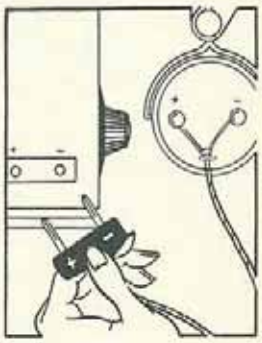


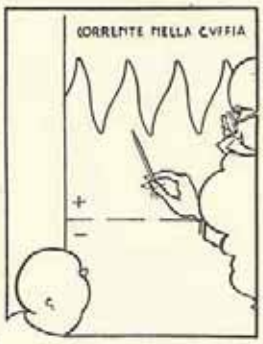


calamita permanente. E cioè, il nucleo sul quale è l'avvolgimento è una vera e propria calamita permanentemente magnetizzata al valore A. Se con il tempo, o per avere trattato male la cuffia, questo magnete permanente si smagnetizza, a pari corrente dei segnali si hanno variazioni minori della magnetizzazione e quindi l'intensità della ricezione diminuisce. Si possono avere anche distorsioni per motivi sui quali, per ora, non mi soffermo. Bisogna allora calamitare nuovamente i magnetini della cuffia, perchè questa riprenda la sua efficacia ».

« Mi ha detto che la smagnetizzazione dei magnetini può anche avvenire per avere trattato male la cuffia. Cosa vuol dire? ».

« Se la corrente continua inviata nell'elettrocalamita, della quale abbiamo parlato in principio, passa in un senso il nucleo si magnetizza in un certo senso, ad esempio con il polo nord in alto e con il polo sud in basso. Ma se questa corrente è inviata in senso contrario, la magnetizzazione si inverte. Quindi se lei mandasse nell'avvolgimento del magnete permanente della cuffia una corrente continua nel senso che corrisponde alla magnetizzazione contraria, essa tenderebbe a smagnetizzare il nucleo, e se fosse stata forte o avesse durato molto tempo la smagnetizzazione diverrebbe permanente. Ciò può avvenire, ad esempio, quando la cuffia venga inserita all'incontra-

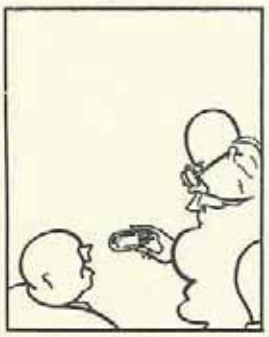


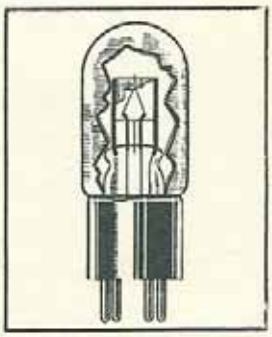


rio nel circuito di un ricevitore a valvole nel quale passi una elevata corrente continua. Anche una corrente alternata smagnetizza la cuffia: ciò può avvenire inviando erroneamente o per guasto del ricevitore la tensione della rete luce nella cuffia. Quando esamineremo i ricevitori a valvole vedremo come devono essere collegati ad essi la cuffia e l'altoparlante. Per i ricevitori a galena osserviamo che la corrente rettificata dal detector è una corrente variabile di ampiezza, ma unidirezionale perchè passa sempre nello stesso senso e può quindi sia aumentare che diminuire la magnetizzazione. Tale corrente è però così debole che non vi è da preoccuparsene. Talvolta può esservi però una delle due posizioni della cuffia per cui la corrente rettificata aumenta anzichè diminuire la magnetizzazione in misura tale che la ricezione per tale posizione è sensibilmente più forte. Conviene quindi provare ad invertire il collegamento della cuffia per controllare se in una delle due posizioni l'intensità di ricezione è un poco più forte, scegliendo naturalmente quest'ultima posizione ».

« Signor Fonolo, lei mi ha detto che non è praticamente possibile ascoltare in altoparlante con un apparecchio a galena. Come si fa per sentire in altoparlante? ».

« Si ricorre alle valvole elettroniche sfruttando le loro meravigliose proprietà.



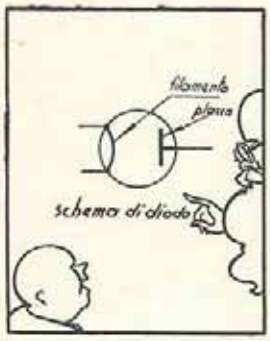


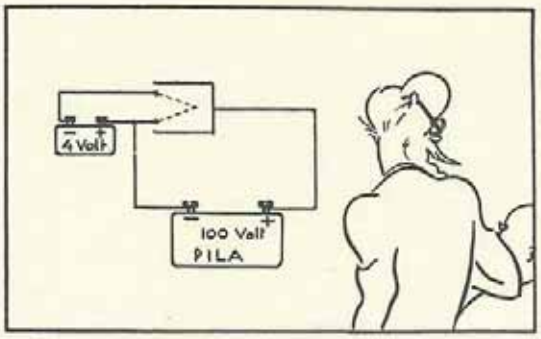
« Si può per esempio fare seguire il detector a galena da un amplificatore a valvole il quale aumenta di potenza la corrente a frequenza musicale erogata dal detector sino al valore desiderato e tale da azionare un altoparlante. Oppure si può ricorrere ad un ricevitore interamente a valvole nel quale anche il detector è costituito da una valvola elettronica. Questo detector può anche essere preceduto, oltre che seguito, da un altro amplificatore il quale amplifichi le correnti a radiofrequenza ricevute dall'aereo prima che esse vengano applicate al detector. Combinazioni ancora più complesse di valvole detectrici e amplificatrici possono essere realizzate per costituire dei ricevitori particolarmente sensibili e potenti.

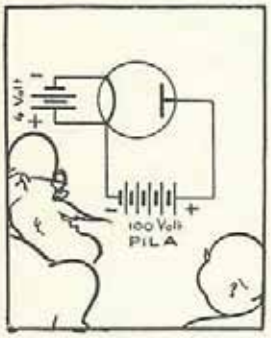
« Prima di spiegarle come funziona un amplificatore, occorre esaminare cosa è e come funziona la valvola elettronica, la quale è alla base di tutti gli apparecchi moderni. Le parti di una valvola sono: il bulbo di vetro, nell'interno del quale sono gli elettrodi, lo zoccolo di materiale isolante sul quale sono fissati i piedini per le prese di corrente degli elettrodi verso l'esterno. Nell'interno del bulbo di vetro della valvola è fatto il vuoto, cercando di raggiungere i gradi più alti possibili di vuoto. In una buona valvola si hanno pressioni inferiori al milionesimo di millimetro di mercurio, e cioè dell'ordine del milionesimo di milionesimo di atmosfera. Nell'interno del bulbo di vetro sono contenuti più elementi chiamati comunemente elettrodi, ed a seconda del numero di questi elettrodi prende nome la valvola. Ad esempio valvola a due elettrodi o diodo, a tre elettrodi o triodo, a quattro elettrodi o tetrodo, a cinque elettrodi o pentodo, ecc. Cominciamo dal diodo, che è il tipo di valvola più semplice. I due elettrodi in esso contenuti sono un filamento portato ad alta temperatura mediante una corrente elettrica e una placca metallica che circonda il filamento. Il filamento riscaldato nel vuoto presenta la proprietà di emettere dei corpuscoli carichi di elettricità negativa chiamati elettroni. Per darle un'idea di quanto sia piccolo un elettrone le dirò che esso pesa presso a poco la miliardesima parte della miliardesima parte di un miliardesimo di grammo! Lei sa che cariche elettriche di segno contrario si attirano. Basta quindi dare una carica positiva alla placca che circonda il filamento perchè gli elettroni negativi emessi dal filamento vengano attirati dalla placca e si abbia una corrente di elettricità negativa, o corrente elettronica, dal filamento alla placca ».

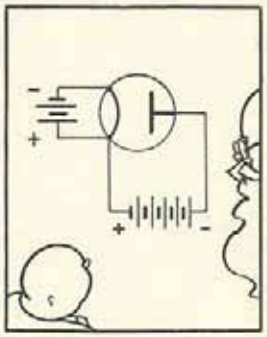
« Ma data la piccolezza degli elettroni questa corrente sarà trascurabile! ».

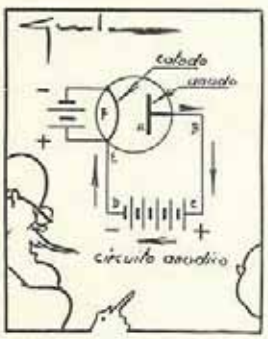
« No, Condensino, perchè se è vero che gli elettroni sono piccolissimi, d'altra parte essi sono molto numerosi e viaggiano a grande velocità. Se, ad esempio, la placca è ad un potenziale positivo di 100 volt rispetto al filamento, gli elettrodi raggiungono la placca con una velocità di 6000 chilometri al minuto secondo.



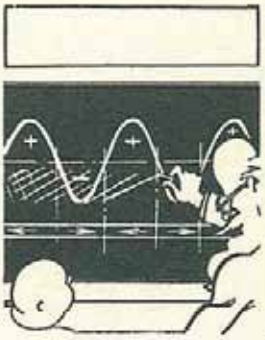


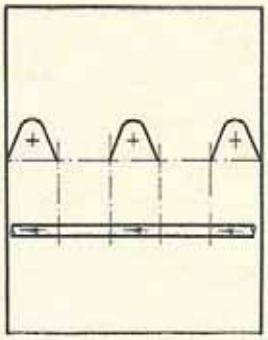


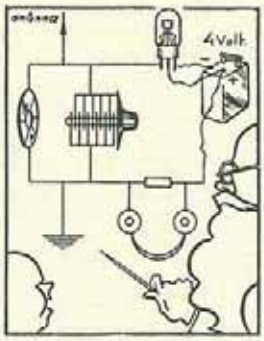


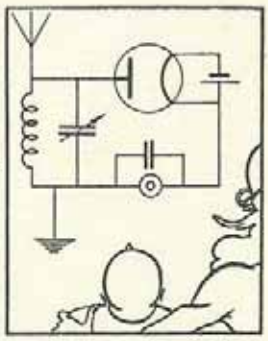


« La corrente elettronica chiude il circuito elettrico nell'interno della valvola, e il fatto fondamentale sul quale si basa il funzionamento di tutte le valvole elettroniche è che la corrente in tale circuito può circolare in un solo senso, e cioè quello per il quale gli elettroni vanno dal filamento alla placca quando quest'ultima è positiva. Gli elettroni non possono andare dalla placca al filamento, e quando la placca è ad un potenziale negativo nessuna corrente può circolare nell'interno dell'ampolla. In sostanza il diodo si comporta come un interruttore che interrompe il circuito quando la placca diviene negativa e la corrente elettronica passerebbe dalla placca al filamento, e chiude invece il circuito quando la placca è positiva e la corrente elettronica passa nell'interno della valvola dal filamento alla placca. I tecnici chiamano la placca anche « anodo », il filamento « catodo » e il circuito A B C D E F circuito anodico. Ora vediamo a che cosa serve il diodo, e cioè il tipo più semplice di valvola elettronica.





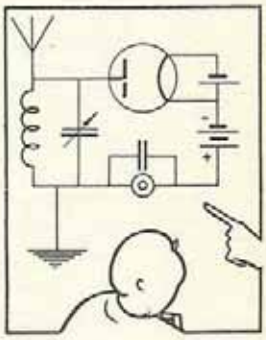


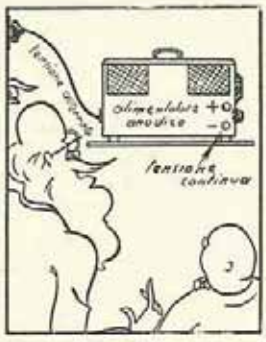


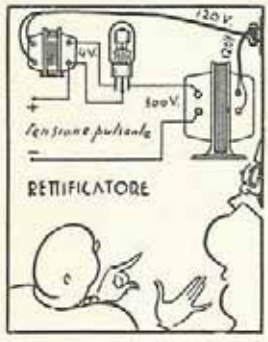
« Sfruttando la proprietà del diodo di lasciare passare la corrente in un solo senso, esso viene impiegato per rettificare le correnti alternate, e cioè trasformare in corrente unidirezionale pulsante la corrente alternata, che è, come lei sa, quel tipo di corrente il quale percorre il conduttore alternativamente e successivamente in un senso e nel senso contrario. Il senso di circolazione della corrente si inverte ad esempio da 80 a 100 volte al secondo per la corrente industriale di illuminazione, centinaia e migliaia di volte per le correnti a frequenza musicale, milioni di volte al secondo per le correnti ad alta frequenza della radio.

« Dopo la rettificazione rimangono solo le semionde corrispondenti ad un solo senso. Il diodo viene ad esempio impiegato come detector per rettificare le correnti di alta frequenza nelle stesse condizioni del detector a cristallo di galena del quale le ho già diffusamente parlato. In questo schizzo si vede come vengono disposte le cose per realizzare un detector a diodo. In sostanza il detector a cristallo è sostituito nel circuito con il diodo. Lo schema corrispondente è qui di seguito disegnato. L'efficienza del dispositivo è aumentata inserendo nel circuito anodico una pila che renda positiva la placca e che mantenga quindi, anche in assenza dei segnali, una debole corrente continua nel circuito anodico della valvola ».

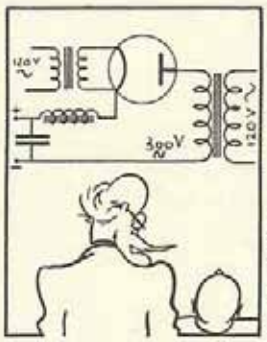
« E' più efficiente il circuito con detector a galena o quello con detector a diodo? ».

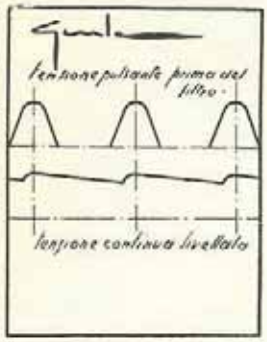


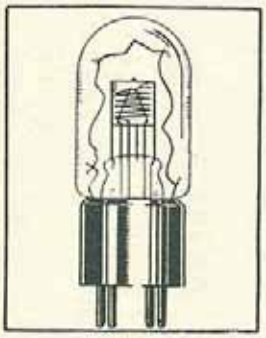


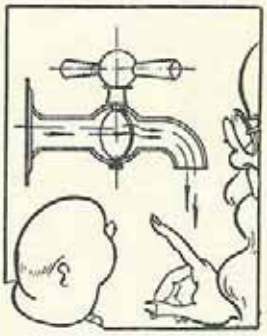


« Hanno presso a poco la stessa efficienza, ma quello a valvola è più stabile, non si sregola e può rettificare, se opportunamente montato, correnti di qualsiasi intensità. Necessita per contro di sorgenti supplementari di tensione ed è più costoso. Quindi esso viene adoperato come detector negli apparecchi a più valvole nei quali si hanno già disponibili le tensioni necessarie agli altri stadi e il funzionamento del detector deve essere stabile e regolare. Nei ricevitori muniti di solo detector viene invece impiegato quasi esclusivamente il detector a galena. Il diodo viene anche usato per trasformare le tensioni alternate industriali della rete di distribuzione della luce e dell'energia elettrica nelle tensioni continue necessarie per l'alimentazione dei ricevitori a valvole, e cioè per fornire le tensioni continue anodiche alle placche delle valvole a due o più elettrodi. Mediante un normale trasformatore elevatore di tensione si eleva la tensione alternata della rete al valore desiderato, e la si rettifica poi con un diodo che sopprime una metà delle semionde così da fornire una corrente unidirezionale pulsante. Per avere una corrente che si possa veramente chiamare continua, e cioè, oltre che unidirezionale, costante ed eguale a quella fornita da una pila o da un accumulatore, occorre ancora « livellare » la corrente unidirezionale pulsante. Ciò si ottiene con un complesso di condensatore e di bobine di induttanza, costituendo quello che si chiama un filtro di livellamento. La bobina di induttanza, la quale è un avvolgimento di filo conduttore avvolto su un nucleo di materiale magnetico, si oppone alle variazioni della corrente che la attraversa e tende a rendere questa corrente più costante. Il condensatore si carica sotto l'effetto degli impulsi di tensione costituiti dalle semionde che passano attraverso il diodo e la bobina, e permanendo caricato anche dopo che l'impulso è cessato mantiene presso a poco costante la tensione alle sue estremità e cioè ai poli della linea. Il condensatore si comporta come un serbatoio idraulico il quale accumuli ciò che gli viene irregolarmente inviato, permettendo una erogazione regolare e costante. Un buon filtro livella quasi perfettamente la tensione rettificata rendendola simile a quella assolutamente continua che viene erogata da una pila o da un accumulatore. Ogni moderno apparecchio ricevente a valvole è munito di uno o più diodi rettificatori seguiti dai rispettivi filtri di livellamento per trasformare la tensione alternata della rete in tensione continua e alimentare con essa i circuiti di tutte le valvole elettroniche.



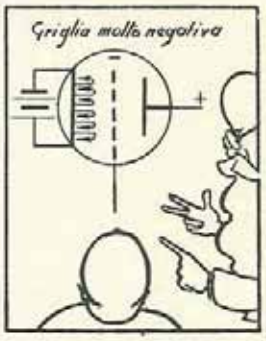


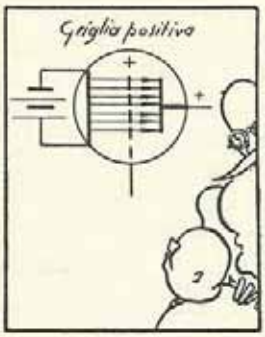


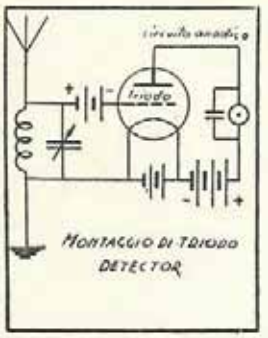


« Le valvole a due elettrodi oltre ad essere impiegate per trasformare la corrente alternata delle reti di distribuzione elettrica in corrente continua per l'alimentazione dei ricevitori, sono anche impiegate con lo stesso scopo nei trasmettitori. L'unica differenza è che, trattandosi di correnti e tensioni molto più elevate, i diodi per i trasmettitori sono più grossi e anche, quando ciò necessiti, raffreddati ad acqua. Una parte delle grosse valvole sui trasmettitori sono diodi rettificatori per fornire la tensione continua necessaria al funzionamento del trasmettitore.

« Con l'aggiunta di un terzo elemento nell'interno dell'ampolla si ottiene la valvola a tre elettrodi o triodo. Il terzo elettrodo è una spirale o una griglia di filo posta fra il filamento e la placca e viene appunto chiamata griglia. Sfruttando il fatto che le cariche elettriche di segno contrario si attirano e le cariche elettriche dello stesso segno si respingono, la corrente degli elettroni negativi che dal filamento vanno alla placca viene regolata facendo variare il potenziale elettrico della griglia. La griglia si comporta come un rubinetto in una conduttura di acqua. Quando la griglia è sufficientemente negativa essa respinge tutti gli elettroni e nessuno di questi raggiunge la placca, di modo che la corrente di placca, od anodica, è nulla. Quando la griglia è sufficientemente positiva tutti gli elettroni



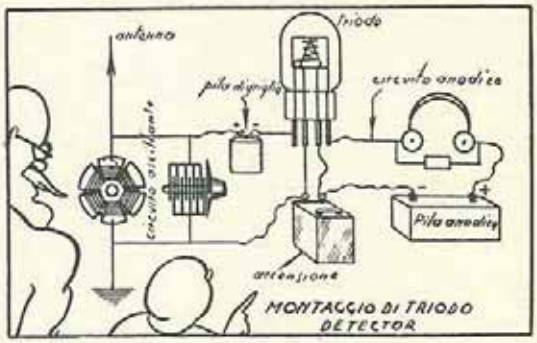


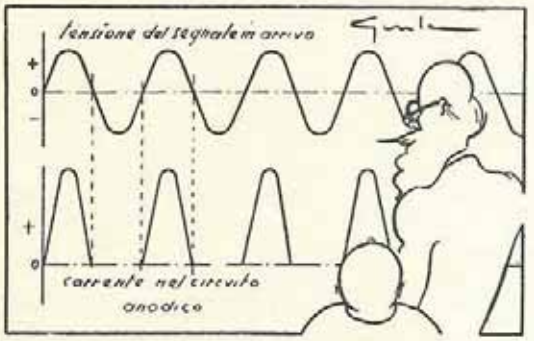


emessi dal filamento raggiungono la placca o la griglia e si ha la massima corrente elettronica tra il filamento e la placca. Per valori intermedi del potenziale della griglia si hanno valori intermedi della corrente elettronica. Il punto essenziale di questo funzionamento è che esso agisce praticamente senza inerzia data la grande velocità, qualche migliaio di chilometri al secondo, ed il piccolo percorso che gli elettroni devono compiere.

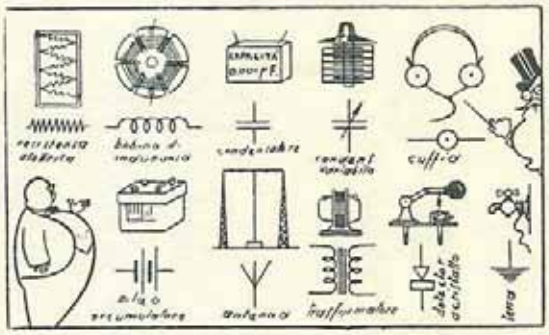
« L'introduzione della griglia, e cioè la possibilità di regolare senza inerzia e semplicemente mediante la variazione di un potenziale elettrico la corrente anodica, ha permesso di ottenere una meravigliosa valvola elettronica, il triodo, che può rettificare e amplificare i segnali radio e anche generare le correnti a radiofrequenza, centinaia di migliaia e milioni di periodi al secondo, necessarie per la trasmissione. Il triodo può cioè compiere tutte le funzioni essenziali nel campo della radiotrasmissione e della radioricezione e si comprende quindi come esso si sia sviluppato ed introdotto in tutti i circuiti.

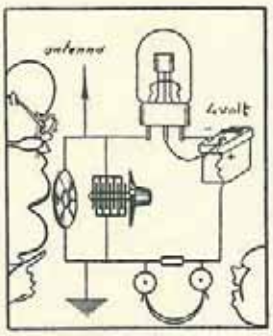
« Vediamo, per cominciare, come funziona il triodo detector. Si dà alla griglia un potenziale negativo sufficiente per impedire alla corrente anodica di stabilirsi, tale che nessun elettrone passi dal filamento alla placca ma che sia sufficiente rendere, anche solo di poco, meno negativa la

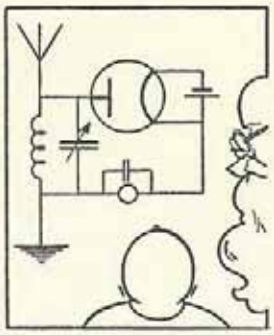




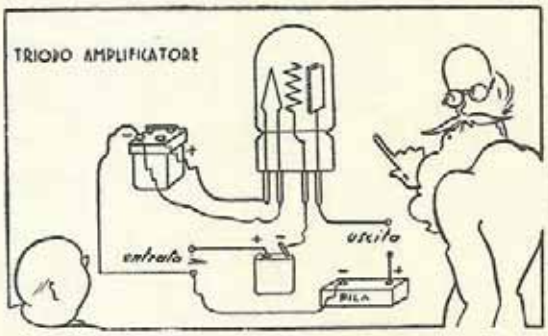
griglia perchè elettroni possano passare e la corrente anodica stabilirsi. Inviando allora alla griglia la tensione alternata dei segnali ricevuti avviene che la semionda negativa rende ancora più negativa la griglia e la corrente anodica permane nulla, mentre la semionda positiva rende la griglia meno negativa e produce quindi un passaggio di corrente nel circuito anodico. Quindi in questo circuito anodico si ha un passaggio di corrente unidirezionale costituita da impulsi corrispondenti alle semionde positive. Accorgimenti sono presi perchè la corrente anodica risulti proporzionale alla variazione del potenziale della griglia; e cioè perchè le semionde della corrente anodica riproducano fedelmente le semionde della tensione dei segnali. Nel circuito anodico si ottiene quindi una corrente identica a quella che si otterrebbe rettificando con un diodo, ma, se le cose sono disposte bene, assai più intensa perchè si sfrutta l'effetto amplificatore del triodo. Il detector a triodo è quindi più efficiente di quelli a diodo ed a galena, ed è per questo preferito nei radioricevitori. Questo sistema di impiegare il triodo come detector è detto « per caratteristica anodica ». Vi sono anche altri sistemi di impiegare il triodo per detectare, ad esempio quello con condensatore di griglia, ma su questo soggetto è sufficiente quanto le ho spiegato ».

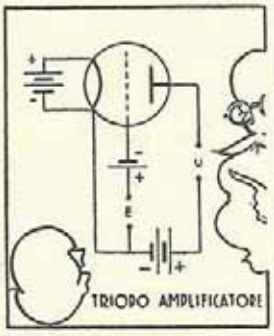


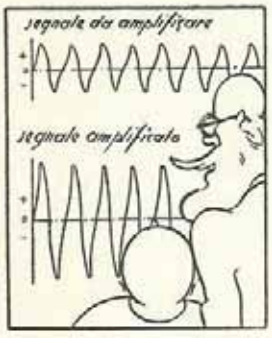


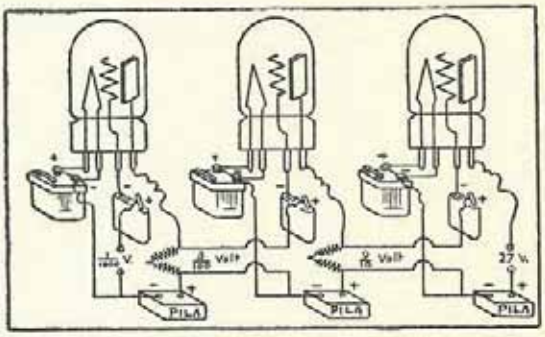


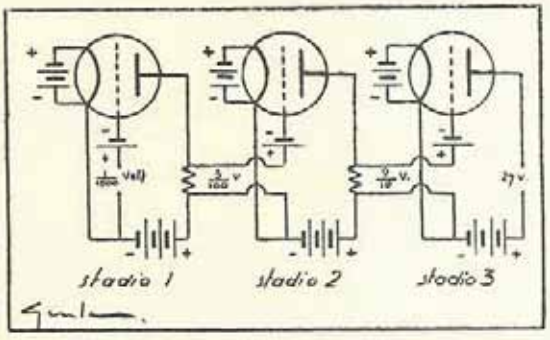
« Ma sa, signor Fonolo, che c'è una cosa straordinaria? Avevo sinora avuto terrore dei cosiddetti schemi elettrici, che mi avevano sempre fatto l'impressione di un linguaggio sconosciuto. Ora, dopo che lei ha disegnato gli schemi di alcuni apparecchi semplici illustrandoli con un disegno della disposizione delle varie parti, gli schemi mi sembrano chiarissimi ». « Naturalmente, Condensino. Un disegno della disposizione dei vari componenti che intervengono nel montaggio di un apparecchio non è affatto comodo, sia perchè richiede tempo per essere disegnato, sia perchè non è chiaro. Rappresentando invece ogni elemento con un simbolo ed i collegamenti dei vari elementi tra di loro con linee, si ha una rappresentazione rapida e chiara dei circuiti, e cioè del come devono essere collegate le parti che compongono un apparecchio. I disegni che le ho fatto vedere per spiegarle come funzionano i detector, sono in parte schizzi dimostrativi e in parte schemi. Dal loro confronto lei può facilmente rendersi conto dell'utilità degli schemi per rappresentare apparecchi e circuiti e della semplicità e rapidità di rappresentazione che essi permettono. Veda, ad esempio, e confronti tra di loro, questo schizzo dimostrativo di come vengono collegati i componenti di un circuito con detector a diodo, ed il relativo schema. Ora cerco di spiegarle come funziona il triodo amplificatore. Come nel caso del detector, è sfruttato anche in questo caso il fatto che il potenziale elettrico della griglia controlla come un rubinetto senza inerzia la corrente degli elettroni dal filamento alla placca e quindi la corrente nel circuito anodico. Se alla griglia è dato un determinato potenziale costante in modo che nel circuito anodico circoli stabilmente una corrente continua di opportuno valore, ogni variazione del potenziale della griglia produce una variazione della corrente anodica che riproduce esattamente la variazione del potenziale della griglia. Vi è cioè proporzionalità tra le variazioni della corrente anodica e le variazioni del potenziale della griglia. La riproduzione dei segnali è, come si dice, fedele. Inoltre la potenza impiegata per variare il potenziale della griglia è molto minore della potenza messa conseguentemente in giuoco nel circuito anodico e che può essere utilizzata: in questo consiste essenzialmente l'effetto amplificatore. Una piccola tensione dei segnali applicata alla griglia produce nel circuito anodico, grazie all'amplificazione del triodo, dei segnali assolutamente identici ma aventi una tensione ed una potenza molto maggiori. Secondo come viene impiegato e gli scopi che si vogliono raggiungere, un triodo può moltiplicare la tensione applicata alla griglia anche per trenta o quaranta, oppure erogare alla sua uscita segnali aventi una potenza qualche diecina di volte più grande della potenza che è necessaria per produrre le corrispondenti variazioni del potenziale della griglia. Più triodi amplificatori possono essere collegati uno di seguito all'altro, costituendo così degli amplificatori a più triodi od a più stadi, come si dice comunemente, che hanno un'amplificazione grandissima. La tensione amplificata da ogni triodo è inviata alla griglia del triodo seguente che nuovamente l'amplifica. L'amplificazione totale è il prodotto delle amplificazioni dei singoli stadi. Un amplificatore a tre stadi, ciascuno dei quali amplifica trenta volte la tensione, ha una amplificazione totale di 27000. E cioè se alla griglia del primo triodo viene applicata una variazione di tensione di un millesimo di volt, nel circuito anodico del terzo triodo si può disporre di una variazione di tensione di 27 volt. Se invece il triodo è opportunamente montato con lo scopo di amplificare la potenza, dopo tre stadi si può ad esempio disporre di dieci chilowatt quando per eccitare il circuito di griglia del primo stadio non occorrono che quattro watt. Possono essere disposti anche più di tre stadi ed arrivare quindi ad amplificazioni sia della potenza che della tensione ancora superiori a quelle citate.

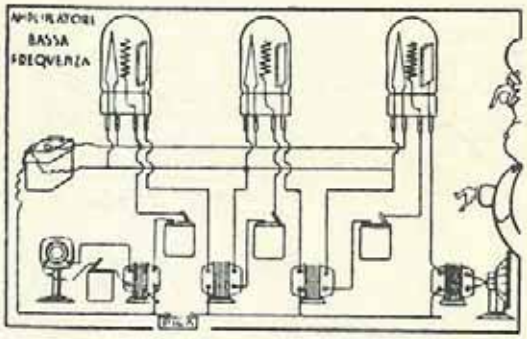


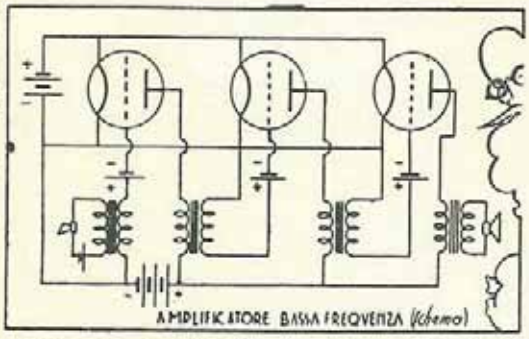






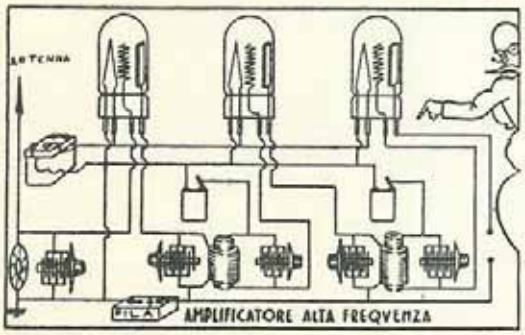





AMPLIFICATORE BASSA FREQUENZA (Schema)

« In pratica tutte le valvole di un amplificatore vengono alimentate da una unica sorgente di tensione per i filamenti e da una unica sorgente di tensione per i circuiti anodici, siano queste sorgenti accumulatori, pile od alimentatori. In questo schizzo è per esempio rappresentata la disposizione degli elementi che costituiscono un amplificatore a tre valvole per amplificare le correnti di bassa frequenza erogate dal microfono allo scopo di azionare un altoparlante. Il collegamento dall'uscita di ciascuna valvola all'entrata della valvola seguente avviene per mezzo di un trasformatore, si ha cioè, come si dice, un collegamento intervalvolare a trasformatore. La corrente nell'altoparlante può essere decine di migliaia di volte più intensa che quella che si sarebbe ottenuta collegando l'altoparlante direttamente al microfono. In quest'ultimo caso anche accostando l'orecchio all'altoparlante non si sarebbe udito nulla, mentre con l'uso dell'amplificatore l'altoparlante emette un suono così intenso da permettere l'audizione in un grande locale. Lo schema qui tracciato è equivalente al disegno che ho or ora disegnato: lei vi riconosce facilmente ogni elemento.

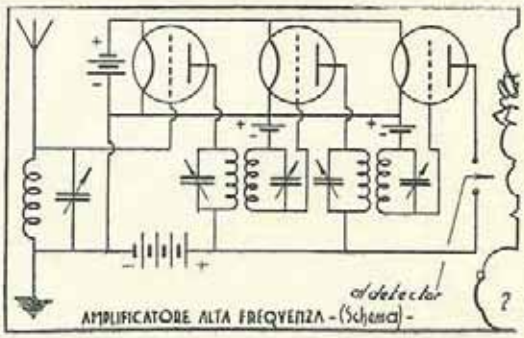
Il collegamento tra valvola e valvola può anche essere compiuto con resistenze e condensatori, e si ha allora il collegamento intervalvolare a resistenza-capacità, oppure con bobine di induttanza. Questi amplifi-

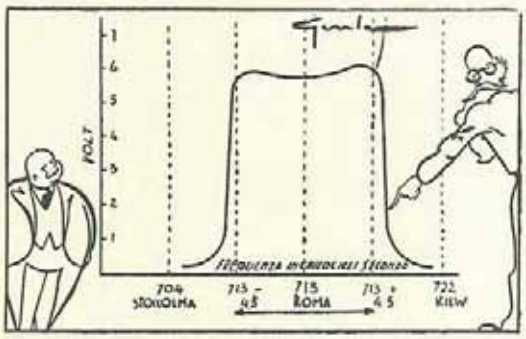


catori per frequenze musicali sono appunto quelli impiegati per amplificare le correnti microfoniche destinate alle radiodiffusioni, alle incisioni elettriche dei dischi fonografici, alle registrazioni sonore sui film cinematografici, alle grandi audizioni all'aperto, come pure per amplificare le correnti erogate dal detector dei radioricevitori prima di inviarle agli altoparlanti, quelle all'uscita del pick-up dei riproduttori fonografici, le correnti nella riproduzione sonora delle pellicole cinematografiche e per un'infinità di altri usi.

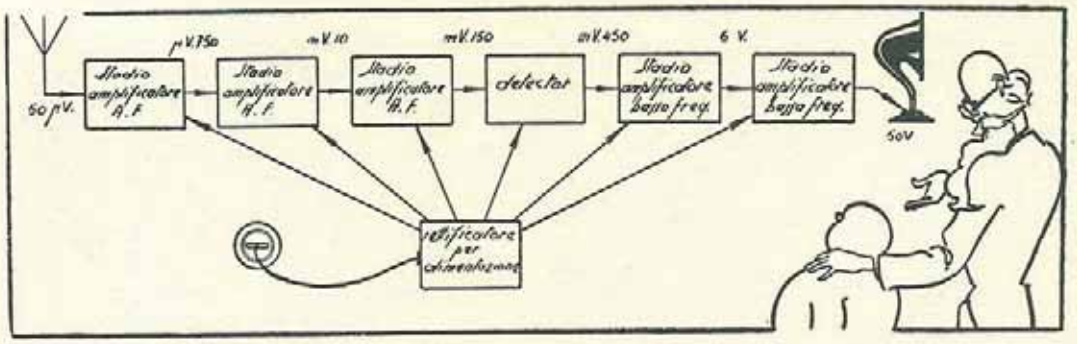
« Quando l'amplificatore è impiegato per amplificare le correnti a frequenza radio lo si chiama amplificatore ad alta od a radiofrequenza. Tale è il caso degli amplificatori dei trasmettitori che amplificano le correnti a radiofrequenza generate dagli oscillatori per elevarle di potenza sino al valore che esse devono avere nell'aereo. Amplificatori a radiofrequenza sono pure quelli che amplificano le deboli correnti che si sviluppano negli aerei riceventi prima che esse siano applicate al detector.

« L'amplificatore ad alta frequenza non differisce dall'amplificatore a bassa frequenza che per le diverse caratteristiche degli elementi che collegano ciascuna valvola alla seguente, le quali caratteristiche devono appunto tenere conto del fatto che la frequenza delle correnti è migliaia di volte più elevata. Il collegamento tra una valvola e la seguente

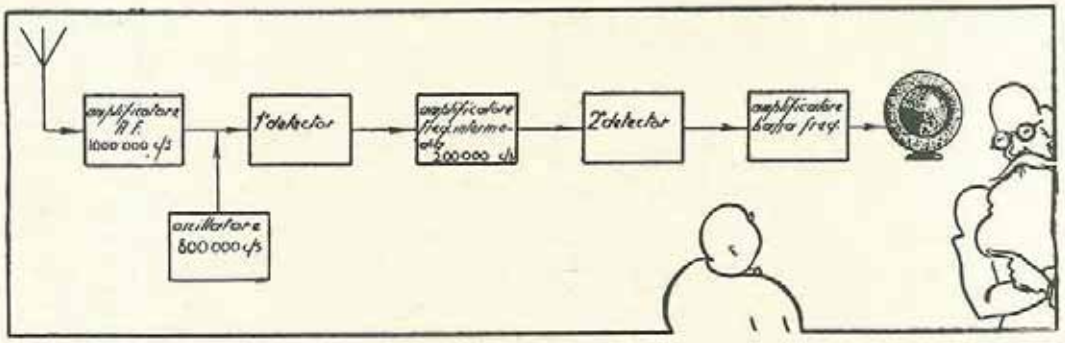




può, ad esempio, essere fatto mediante due circuiti oscillatori sintonizzati sulla frequenza che si vuole ricevere ed accoppiati tra di loro. Con tale disposizione vengono amplificate solo le frequenze che si vogliono ricevere e quelle prossime. L'amplificatore si dice essere « selettivo ». Se l'amplificatore dispone di più stadi e quindi di più circuiti oscillanti esso può essere molto selettivo così da permettere il passaggio solo di una stretta gamma di frequenze. Per motivi tecnici piuttosto complessi e sui quali non mi soffermo, gli amplificatori a radiofrequenza per i ricevitori di radiodiffusione hanno i collegamenti intervalvolari così disposti da permettere il passaggio di una gamma di frequenza estendentesi 4500 periodi al secondo al disopra ed al disotto della frequenza dell'onda portante della stazione che si vuole ricevere. Naturalmente, dato che l'amplificatore deve potere funzionare entro una vasta gamma di frequenza per essere in grado di ricevere le varie stazioni, i circuiti oscillatori hanno la sintonia variabile, ciò che viene ottenuto facendo variare la capacità dei condensatori, i quali si manovrano generalmente tutti contemporaneamente per mezzo di un comando unico. In questo modo, semplicemente spostando una manopola, si può regolare l'amplificatore per amplificare le correnti ricevute da una qualsiasi stazione radiodiffonditrice scelta a piacere.

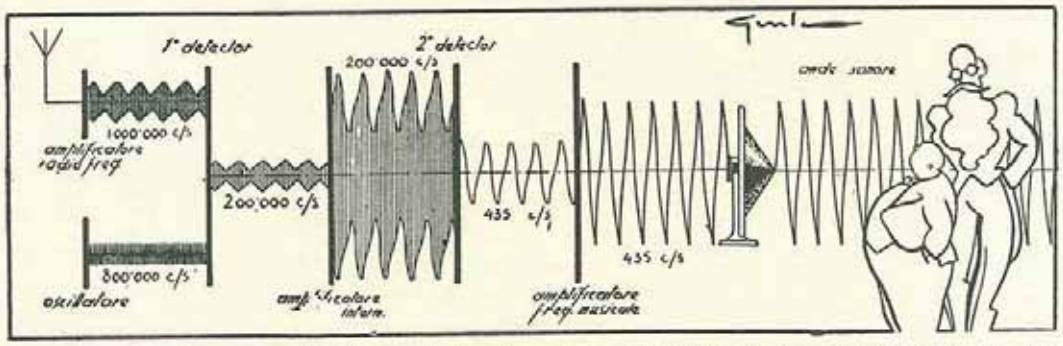


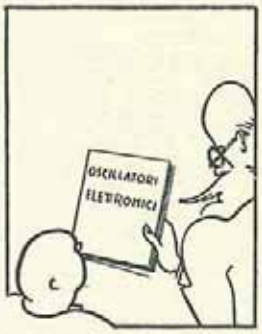
« Ed ora, caro Condensino, abbiamo tutti gli elementi per esaminare un poco dettagliatamente che cosa è un ricevitore a valvole. Generalmente un ricevitore a più valvole comprende un amplificatore che amplifica le correnti di alta frequenza ricevute dall'aereo, una valvola detectrice che rettifica tali correnti, un amplificatore di bassa frequenza che amplifica le correnti musicali all'uscita del detector prima dell'altoparlante, ed un raddrizzatore a valvola per trasformare la corrente alternata della rete in corrente continua atta all'alimentazione del ricevitore. Ciascuno di questi quattro componenti essenziali è già stato da noi precedentemente esaminato. Vediamo ad esempio un ricevitore di questo tipo a sei valvole più una, espressione con la quale si intende correntemente che il ricevitore comprende sei valvole per la ricezione più una valvola rettificatrice per fornire la tensione anodica. Supponiamo che una tensione a radio frequenza di 50 milionesimi di volt (50 microvolt) sia applicata al primo stadio. Essa viene amplificata dai tre stadi a radio frequenza sino, per esempio, a 150 millivolt, viene poi trasformata dal detector in corrente a frequenza musicale ad una tensione utile di circa 450 millivolt, e questa corrente musicale è infine amplificata a 50 volt dai due stadi amplificatori a bassa frequenza. Tale tensione applicata ad un altoparlante avente una resistenza di 2000 ohm corrisponde ad una potenza di 1,25 watt. Al tipo descritto appartengono in sostanza tutti i ricevitori ad esclusione di quelli a supereterodina ».

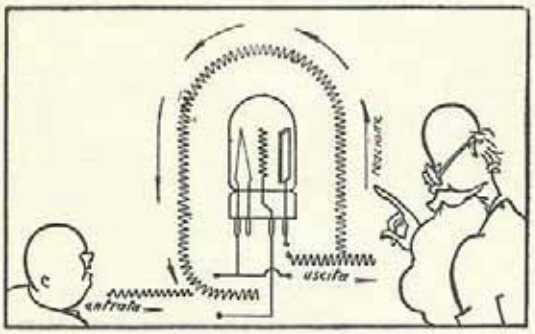


« Che cosa è una supereterodina, signor Fonolo? ».

« E' il tipo di ricevitore che attualmente gode il maggior favore del pubblico, per le sue doti di selettività e sensibilità. Anche esso è una combinazione di amplificatori e di detector, comprendente inoltre una valvola oscillatrice che genera una corrente alternata a radio frequenza. Ecco la disposizione di una supereterodina. Uno stadio amplificatore amplifica le correnti a radio frequenza, per esempio un milione di periodi al secondo, in arrivo dall'aereo e le trasmette ad un detector. Contemporaneamente un'altra valvola genera una corrente di alta frequenza la cui frequenza differisce di circa 200.000 periodi al secondo da quella in arrivo. Tale corrente viene pure inviata al detector. Le due correnti, quella in arrivo e quella generata localmente, interferendo tra di loro dànno luogo, dopo essere state rettificate dal detector, ad una corrente alternata risultante la cui frequenza è la differenza tra le due frequenze sopraddette, nel nostro caso 200.000 cicli al secondo. Un altro amplificatore, detto a frequenza intermedia, amplifica a sua volta questa corrente di 200.000 periodi al secondo, corrente che è poi rettificata da un secondo detector e trasformata, come nei ricevitori ordinari, in corrente a frequenza musicale. La caratteristica fondamentale di questo tipo di ricevitore, che lo distingue da quelli precedentemente descritti, consiste nel cambiamento della frequenza in arrivo in una frequenza molto più bassa, ad esempio, da 1.000.000 a 200.000 periodi al secondo. Il cambiamento è compiuto in modo che la frequenza intermedia abbia sempre lo stesso valore costante, nel nostro caso 200.000 periodi al secondo. Ciò permette di costruire i circuiti oscillatori dell'amplificatore intermedio fissi, e quindi con caratteristiche stabili e ben determinate ai fini di una ottima riproduzione e di una elevata selettività. Per ottenere una frequenza intermedia costante la frequenza generata dall'oscillatore viene variata correspondentemente alla frequenza che si vuole ricevere e sulla quale è sintonizzato il primo amplificatore. Un solo comando aziona il circuito oscillante del primo amplificatore ed il circuito oscillante dell'oscillatore. Attualmente, con valvole multiple alle quali sono affidate più funzioni, è possibile realizzare supereterodine nelle quali tutte le funzioni sono svolte da un totale di sole quattro valvole, come pure si costruiscono supereterodine a 12 ed anche più valvole ».

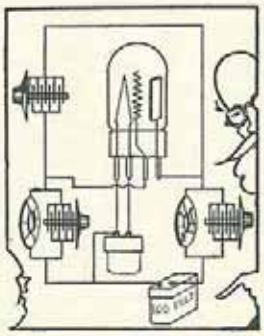


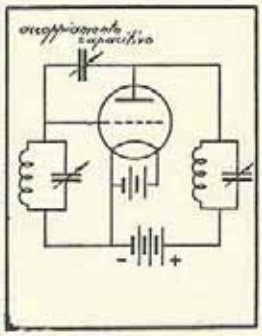


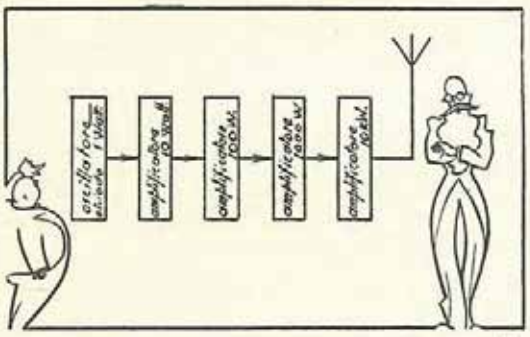


« Signor Fonolo, lei mi ha spiegato chiaramente come funziona la valvola elettronica quando deve amplificare le correnti alternate di alta frequenza e di bassa frequenza, oppure rivelare o detectare tali correnti, od ancora rettificare la corrente alternata della rete per alimentare con corrente continua i trasmettitori ed i ricevitori. Vi è ancora un impiego della valvola al quale lei ha or ora accennato: il funzionamento come oscillatrice, e cioè come generatrice di corrente alternata di qualsiasi frequenza ».

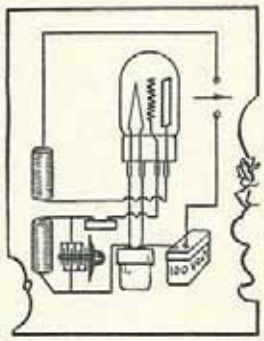
« Il funzionamento del triodo come oscillatore si comprende facilmente riferendosi al funzionamento come amplificatore. Consideri questo triodo amplificatore. Sappiamo che la tensione alternata all'uscita del triodo è molto maggiore di quella all'ingresso, anche qualche diecina di volte. Se all'ingresso del triodo inviamo anche una frazione della tensione di cui disponiamo all'uscita, questa frazione viene pure amplificata dal triodo e origina a sua volta una tensione relativamente elevata all'uscita, parte della quale può nuovamente essere ritornata alla griglia. Per tanto se si dispone il circuito in modo che una sufficiente frazione della tensione all'uscita del triodo venga ritornata al circuito d'entrata, si stabilisce una condizione stabile per la quale la griglia è permanentemente alimentata dal circuito anodico e il triodo eroga continuamente una

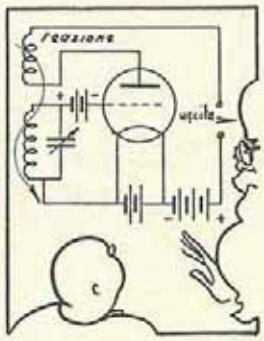


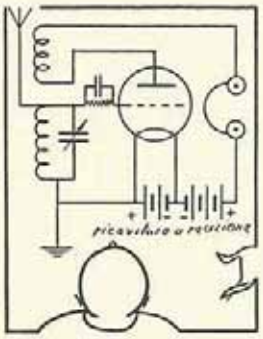




tensione alternata anche sopprimendo all'entrata la tensione dall'esterno. Si dice, in linguaggio tecnico, che si è accoppiato il circuito anodico al circuito di griglia in modo da stabilire un grado di reazione tale da permettere l'innesco di oscillazioni. Il triodo non si pone ad oscillare, e cioè a generare la tensione alternata, se non si è raggiunto un grado di reazione minimo, e cioè un accoppiamento sufficiente tra il circuito di placca e il circuito di griglia. La frequenza generata è eguale a quella su cui sono sintonizzati i circuiti oscillatori collegati ad esso. Facendo quindi variare l'induttanza e la capacità di tali circuiti oscillatori è possibile generare correnti alternate da una frazione di oscillazione per ogni secondo a centinaia di milioni di oscillazioni al secondo. Questo spiega il grande successo del triodo come generatore di correnti alternate di alta frequenza. Esso è impiegato come generatore delle correnti di alta frequenza nel 1° stadio dei trasmettitori, gli amplificatori dei quali amplificano appunto le deboli correnti generate dal triodo oscillatore sino alla potenza d'aereo. E' pure impiegato, come abbiamo visto, nelle supereterodine per generare la frequenza ausiliaria necessaria a trasformare le correnti di alta frequenza in correnti a media frequenza. Un tipico oscillatore a triodo è quello che fa uso della bobina di reazione qui rappresentato. Il ritorno della

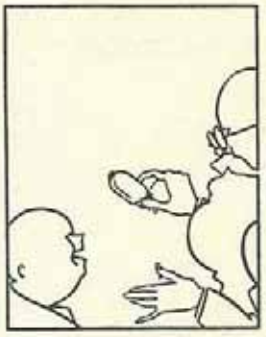


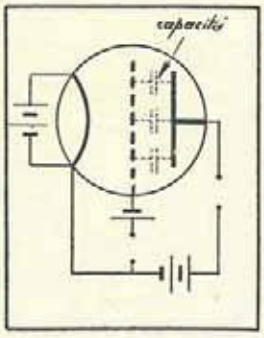


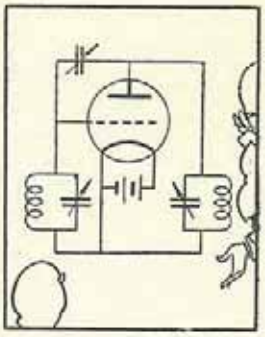


tensione alternata dal circuito d'uscita al circuito d'entrata avviene per mezzo di una bobina, detta di reazione, inserita nel circuito anodico e accoppiata induttivamente alla bobina del circuito oscillatorio di griglia. Avvicinando sufficientemente la bobina di reazione alla bobina di griglia la valvola entra in oscillazione mantenendo ai poli di uscita una tensione alternata di frequenza eguale a quella del circuito oscillatorio.

« Questo sistema viene anche impiegato nella ricezione quando si fa uso del famoso circuito con valvola a reazione. Il triodo funziona come un detector ordinario, ed è inoltre munito di una bobina di reazione. Quest'ultima riporta alla griglia del triodo una frazione della tensione amplificata nel circuito anodico, frazione che viene nuovamente amplificata. Avvicinando la bobina di reazione, l'intensità della ricezione aumenta sino ad un punto in cui la valvola entra in oscillazione. La ricezione diviene allora distorta e si disturbano gli ascoltatori vicini perchè, a tale punto, il circuito con la valvola in reazione si comporta come un piccolo trasmettitore. Se in un ricevitore a valvola si ricorre alla reazione per rinforzare la ricezione, bisogna agire con molta cautela e non raggiungere mai l'innesco di oscillazioni ».

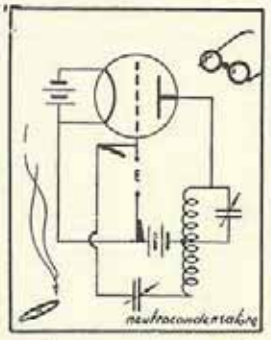


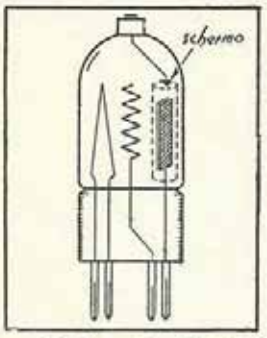




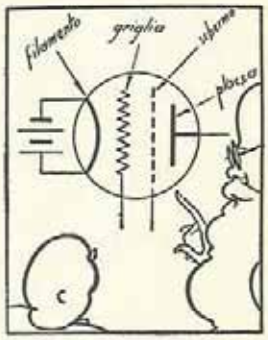
« Mi ha parlato, signor Fonolo, delle valvole a due e tre elettrodi, i diodi e i triodi. Esistono valvole con più di tre elettrodi? ».

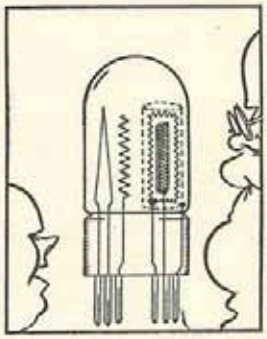
« Esistono valvole con quattro, cinque, sei, sette e anche otto elettrodi, e cioè i tetrodi, pentodi, esodi, eptodi e ottodi. Di queste valvole con più di tre elettrodi sono particolarmente molto impiegati i tetrodi e i pentodi, valvole che possiedono effettivamente caratteristiche molto interessanti. Il tipo più comune di tetrodo è la valvola schermata, creata verso il 1927, con l'intento principale di annullare la capacità elettrostatica tra la griglia e la placca dei triodi. La griglia e la placca sono infatti due conduttori metallici relativamente vicini e si comportano quindi come le due armature di un condensatore tra le quali esiste una certa capacità. Abbiamo visto or ora che una capacità tra placca e griglia costituisce un accoppiamento elettrostatico attraverso il quale si ha un ritorno di energia dalla placca alla griglia, e cioè una reazione, che può fare entrare il triodo in oscillazione. Pertanto in certe condizioni un triodo montato per funzionare come amplificatore, per effetto della capacità interna placca-griglia si mette a funzionare come oscillatore e ne risulta impedito il buon funzionamento come amplificatore. Per effetto di tali capacità è per esempio impossibile far funzionare efficientemente un amplificatore a più triodi per radio-





frequenza senza che esso oscilli. Un rimedio fu trovato nella cosiddetta « neutralizzazione », procedimento che consiste nel neutralizzare elettricamente la capacità interna del triodo per mezzo di un condensatore, detto appunto di neutralizzazione, o neutrocondensatore, il quale è così collegato da produrre sulla griglia del triodo un effetto eguale e opposto a quello prodotto per capacità dalla placca. Su questo principio si sono potuti costruire amplificatori molto efficienti a più triodi per alta frequenza, chiamati « neutrodine ». Neutrodine, come sono più generalmente chiamati i ricevitori nei quali le correnti di alta frequenza vengono amplificate per mezzo di amplificatori neutralizzati, sono state molto adoperate negli anni scorsi. Il principio della neutralizzazione è poi applicato negli stadi amplificatori ad alta frequenza dei trasmettitori. Con le valvole schermate il problema è stato risolto con modificazioni costruttive nella valvola, e precisamente con l'aggiunta di un quarto elettrodo senza che fosse più necessario ricorrere ad artifici nei circuiti. Il quarto elettrodo è una sottile reticella interposta tra la griglia e la placca in modo da costituire uno schermo elettrostatico tra questi due elettrodi. L'aggiunta del quarto elettrodo, oltre ad annullare praticamente la capacità tra la griglia e la placca, migliora notevolmente le proprietà amplificatrici della valvola. Le valvole schermate hanno

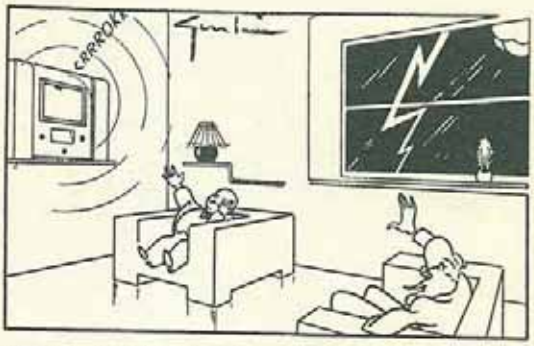


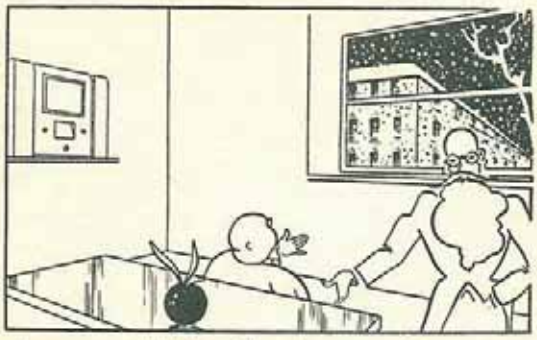


un vasto impiego in trasmissione e in ricezione per amplificare le correnti di alta frequenza.

« In certe applicazioni, tra l'altro nell'amplificazione delle frequenze musicali, si produrrebbe peraltro una nociva corrente elettronica tra la placca e la reticella dello schermo. Viene allora introdotto un quinto elettrodo, in pratica esso pure una griglia, tra la placca e la reticella di schermo per evitare tale corrente elettronica. Si ha così una valvola a cinque elettrodi o pentodo, utilizzato per l'amplificazione tanto in alta quanto in bassa frequenza, in ricezione e in trasmissione. Vi sono poi valvole più complicate ancora a sei, sette e otto elettrodi per usi speciali. Le valvole a sei e ad otto elettrodi, esodi ed ottodi, sono assai impiegate nelle supereterodine per trasformare l'alta frequenza in media frequenza, riunendo in un'unica ampolla la funzione oscillatrice e quella detectrice. Da alcuni anni la tecnica delle valvole elettroniche progredisce rapidamente e determina essa stessa il progresso degli apparecchi più che qualsiasi altro elemento. Una moderna valvola a molti elettrodi è un oggetto di grande precisione meccanica, nella costruzione del quale si deve tenere conto del centesimo di millimetro ».

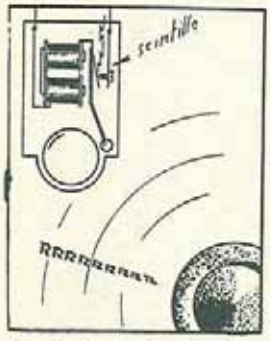
« Molto interessante, signor Fonolo. Quanti fenomeni strani e misteriosi in questa piccola ampolla!

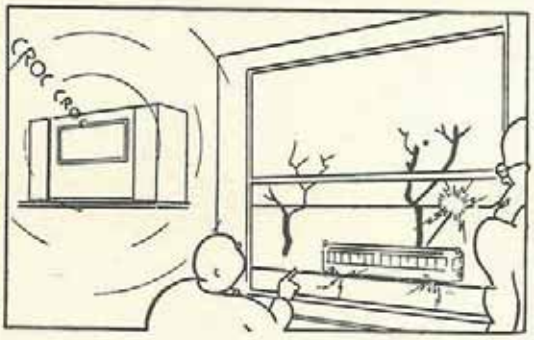




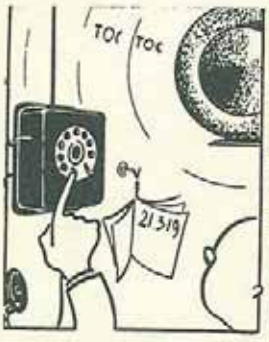
« Signor Fonolo, è possibile eliminare tutti quei rumori che disturbano talvolta la ricezione, particolarmente quando si ascoltano stazioni lontane? ».

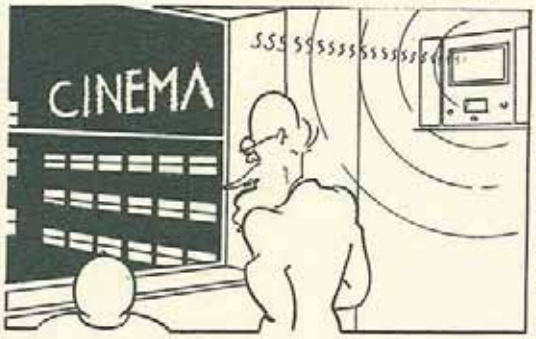
« Le dirò. Bisogna innanzitutto sapere che i disturbi si dividono in due distinte categorie: i disturbi di origine atmosferica e i disturbi di origine industriale. I primi sono causati dalle cariche elettriche dell'atmosfera, le manifestazioni più appariscenti delle quali sono i fulmini ed i lampi. Ognuna di queste violente scariche elettriche nell'atmosfera dà luogo ad una irradiazione di onde hertziane che producono un colpo secco nell'altoparlante. Durante un temporale, anche lontano, questi rumori possono ripetersi con tale frequenza e raggiungere una tale intensità da rendere l'ascolto non solo impossibile ma anche pericoloso per le persone e per l'apparecchio. Ma non occorre che i fenomeni elettrici nell'atmosfera raggiungano un carattere visibile perchè essi producano delle perturbazioni. Variazioni dello stato elettrico dell'atmosfera di piccola entità possono influenzare l'antenna ricevente così che anche durante il bel tempo può accadere che le ricezioni siano disturbate da crepitii, colpi, scrosci di origine atmosferica. Tali disturbi sono peraltro più forti nella stagione calda che in quella fredda, e in quest'ultima sono talvolta quasi inesistenti. I disturbi atmosferici non sono praticamente eliminabili con gli ordinari





sistemi di ricezione impiegati dagli ascoltatori delle radiodiffusioni. Tali disturbi si distinguono in generale da quelli di origine industriale per il loro carattere di irregolarità. I disturbi industriali hanno assai sovente una certa regolarità che permette spesso di individuare la fonte dei disturbi. Tutti gli apparecchi elettrici che nel loro funzionamento producono delle brusche variazioni di intensità della corrente, o delle interruzioni di corrente, o delle scintille, sono quasi sicure fonti di disturbi. I disturbi di un campanello elettrico si manifestano come un sordo trillo, quelli dovuti ai motori elettrici e alle dinamo si traducono generalmente con ronzii, i raggi X dànno un crepitio prolungato e regolare, i tram producono scrosci improvvisi e saltuari, i dischi combinatori dei telefoni ogni qual volta viene composto il numero fanno sentire un seguito perfettamente ritmato di colpi secchi corrispondenti agli impulsi inviati sulla linea, gli interruttori dànno un colpo a ogni apertura o chiusura dei circuiti, le réclames al neon possono dare dei crepitii irregolari, e così via. I disturbi industriali possono essere eliminati. L'azione dei rimedi è assai scarsa presso il radioricevitore per lo stesso motivo per cui non si possono eliminare i disturbi atmosferici, mentre è efficacissima presso gli apparecchi disturbatori. L'unico rimedio efficace che può

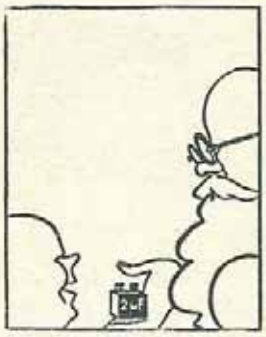


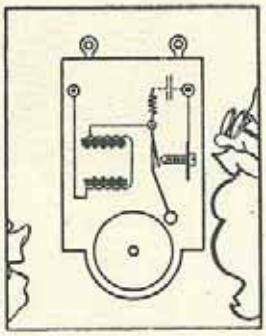


adottare l'ascoltatore per diminuire i disturbi industriali nella sua ricezione è quello di disporre di una buona antenna sul tetto. Per l'effetto di schermo che possono produrre le costruzioni, le onde delle stazioni trasmettenti nell'interno delle case sono affievolite rispetto all'intensità che esse hanno in alto, al di sopra dei tetti. Il contrario avviene per i disturbi che hanno l'origine e la massima intensità proprio nelle case e che sovente a qualche metro sopra i tetti sono già impercettibili. Pertanto un'antenna al disopra dei tetti dà sempre un miglior risultato, dal punto di vista dei disturbi industriali, di una antenna interna, specialmente se quest'ultima è vicina a qualche sorgente di disturbi. Di questo, del resto, abbiamo già ampiamente parlato quando abbiamo esaminato le antenne riceventi ».

« Ricordo perfettamente, signor Fonolo. Quali sono i provvedimenti da prendersi per evitare che gli apparecchi elettrici possano disturbare le radioudizioni ? »:

« I provvedimenti per eliminare i disturbi alla loro origine sono relativamente semplici e poco costosi. Basta quasi sempre inserire opportunamente sull'apparecchio disturbatore uno o due condensatore fissi da poche lire per ridare la pace radiofonica a tutto il vicinato.

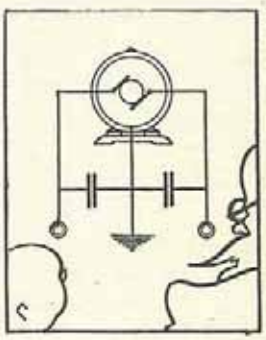


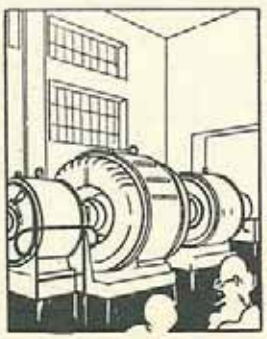


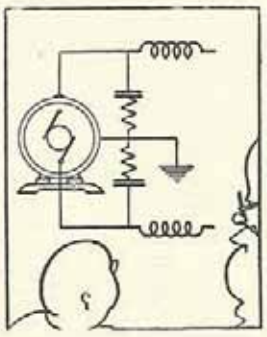
« Nei casi più complicati può essere necessario inserire anche una o due bobine di induttanza e delle resistenze, anche esse di poco costo. Esaminiamo qualche caso più comune.

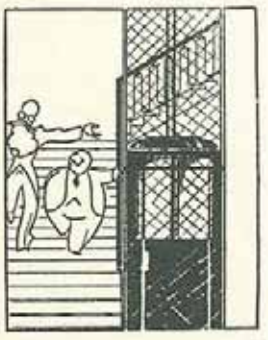
« Un campanello elettrico può disturbare i ricevitori situati nella stessa casa. I suoi disturbi non si propagano di norma oltre qualche metro al di là delle mura domestiche. Per eliminarli è sufficiente collegare agli estremi del contatto vibrante un condensatore fisso di capacità tra 0,1 e 1 microfarad in serie con una resistenza tra 50 e 100 ohm. La linea tratteggiata indica sullo schema come devono essere collegati il condensatore e la resistenza.

« I disturbi dei motorini elettrici a collettore (macchine da cucire, macchine per tostare il caffè, ventilatori, essiccatoi, ecc.), si eliminano ponendo due condensatori in serie tra le due spazzole, collegando il punto comune ai due condensatori alla carcassa della macchina e la carcassa (quando ciò è possibile) a terra. La capacità dei condensatori può essere compresa tra 0,5 e 5 microfarad se la tensione è continua, ed essere di circa 0,1 microfarad se la tensione è alternata. Si tenga in ogni caso presente che i condensatori devono poter sopportare con sicurezza la tensione della rete. Nel caso dei grandi motori industriali questo semplice schema può non risultare sufficiente e può essere necessario ricorrere anche a due bobine di induttanza ed a due resistenze, come rappresentato nello schema. Le bobine di diametro da 12 a 15 cm. possono essere convenientemente costruite con uno strato da 100 a 200 spire di filo di rame di sezione sufficiente perchè non venga prodotta una caduta di tensione apprezzabile. Le resistenze avranno da 50 a 100 ohm. Tenga però presente che la migliore cura dei disturbi nel caso dei grandi motori consiste anzitutto nel mantenere rigorosamente puliti e nello smerigliare quando occorra i collettori. La posizione delle spazzole deve essere accuratamente scelta in modo da ridurre lo scintillamento al minimo. Quanto è stato detto per i motori vale anche per le macchine generatrici di corrente elettrica. I disturbi degli ascensori provengono in gran parte dal motore elettrico che li aziona, e la cura deve quindi essere applicata al motore. Devono inoltre essere mantenuti in perfetto stato i contatti elettrici ai vari piani. Ovunque vi è un contatto che può aprirsi e chiudersi generando scintille, deve essere posto in parallelo tra i due poli del contatto un condensatore fisso di 0,5 a 2 microfarad, capace di sopportare con sicurezza la tensione esistente tra i due poli del contatto.

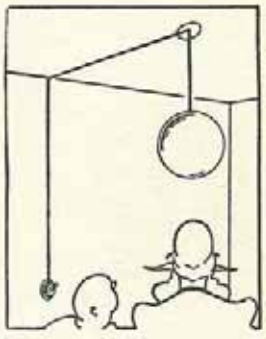


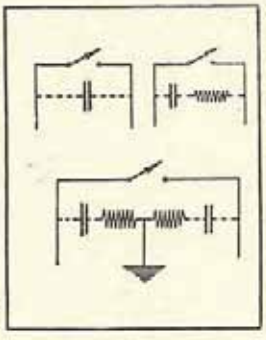


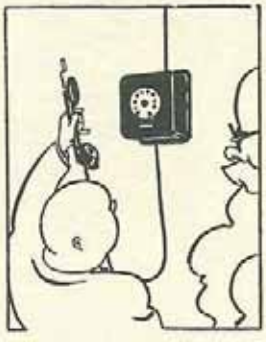


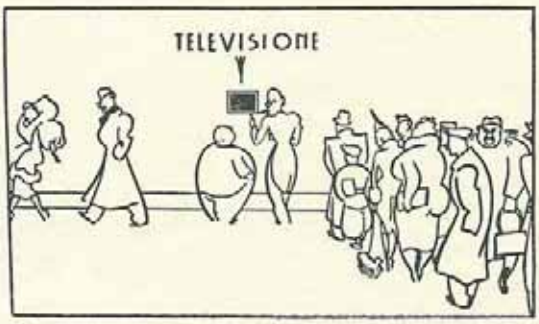


« Gli impianti interni della luce elettrica non dànno disturbi se ben costruiti e mantenuti. Occorre evitare che si formino dei contatti imperfetti, i quali per altro si manifestano con variazioni irregolari della luce delle lampade. Verificare particolarmente la stabilità degli attacchi alle prese di corrente, i fusibili, l'avvitamento a fondo delle lampadine. Non adoperare fusibili malamente riparati con un filo posticcio. Gli interruttori producono un colpo ad ogni apertura del circuito. Pertanto se un interruttore deve essere azionato sovente, conviene collegare ai suoi poli un condensatore di circa 0,1 microfarad, eventualmente in serie con una resistenza da 50 a 100 ohm. Per interruzioni di correnti elevate può essere necessario ricorrere a disposizioni più complicate, un esempio delle quali è rappresentato in questo schema. Negli apparecchi telefonici di abbonato un condensatore di 1 microfarad ai poli dei contatti del disco di chiamata abolisce i colpi quando si forma il numero. Vi sono casi molto complicati nei quali l'eliminazione dei disturbi è più difficile. Essa è però sempre possibile con una spesa limitata. Chiunque ha in ogni modo l'obbligo di non disturbare le radioricezioni altrui e di prendere gli opportuni provvedimenti per evitare ogni disturbo. Il che coincide del resto con il suo interesse di radioascoltatore, perchè il più disturbato di tutti comincia evidentemente con l'essere il disturbatore ».









« Mi dica, signor Fonolo: a che punto è la televisione? Se ne parla e se ne scrive molto, ma si vede poco ».

« La televisione tecnicamente è a buon punto, ma il problema industriale non si può ancora considerare risolto. Se non esistesse la radiofonia, probabilmente si costruirebbero e si venderebbero molti apparecchi riceventi di televisione ».

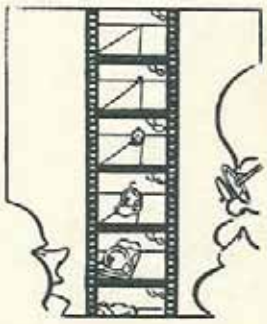
« Sembra un paradosso ».

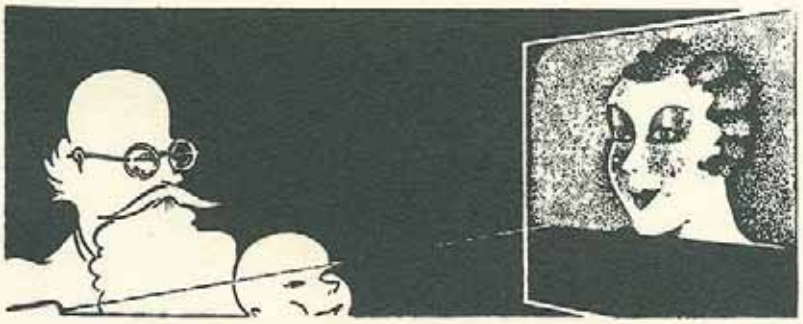
« Ma non lo è, Condensino. Il ricevitore di televisione oggi è ancora imperfetto e soprattutto molto costoso.

« Può essere più una curiosità che un servizio, e per di più una curiosità costosa. Si può paragonare alla radiofonia nel 1920-1921, quando qualcuno riusciva a ricevere le trasmissioni americane e le prime stazioni sperimentali europee entusiasmandosi per risultati che avevano al loro attivo solo la novità e la curiosità. Ma oggi la radiofonia ha dato al pubblico una tale abitudine alla perfezione che il pubblico è divenuto esigente, vuole essere servito a puntino, ed un servizio basato solo sulla novità e sulla curiosità non resisterebbe alle inevitabili delusioni dopo la prima curiosità. La televisione potrà essere data commercialmente al pubblico solo quando sarà perfetta e meno costosa ».

« Su quali principii si basa le televisione? ».

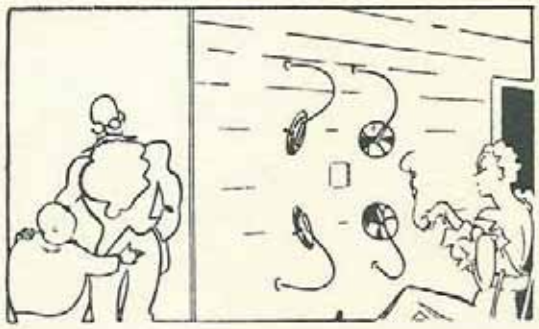
« Dirlo in poche parole non è facile. Riferiamoci al ci-

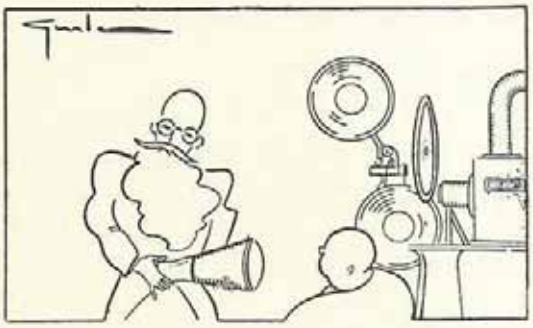




nematografo. Nel cinema sono proiettate successivamente delle fotografie, e la successione è così rapida, per esempio 25 fotografie al secondo, che l'occhio, per il fenomeno della persistenza delle immagini sulla retina, non percepisce ogni singola fotografia separata ma ha l'impressione del movimento continuo. Nel ricevitore di televisione si proietta pure un rapido succedersi di immagini, ma si deve andare ancora oltre nello sfruttamento dell'inerzia della retina, poichè ogni singola immagine non può essere proiettata tutta nello stesso tempo, ma successivamente un punto di essa dopo l'altro. Se per esempio vogliamo proiettare 25 immagini al secondo e supponiamo ogni immagine formata di 40.000 puntini, in un venticinquesimo di secondo deve essere proiettata tutta la successione dei 40.000 puntini, ciascuno al suo posto giusto.

« Per la persistenza delle immagini sulla retina, l'occhio non vede il succedersi dei puntini, ma riceve la stessa impressione come se ogni immagine fosse proiettata contemporaneamente durante un venticinquesimo di secondo. Nel nostro caso deve essere proiettata una successione di 25 volte 40.000 puntini durante ogni secondo, e cioè un milione di puntini, ed ogni puntino deve inoltre essere proiettato esattamente nel punto dello schermo ottico che gli compete con la luminosità che corrisponde al puntino che deve riprodur-





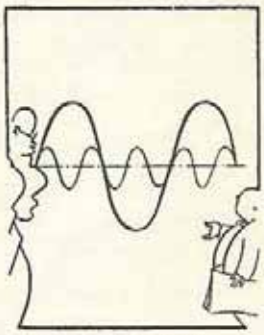
re. Queste tre necessità: il gran numero di puntini da proiettare in un secondo, l'esatto piazzamento e la giusta luminosità di ciascuno di essi, costituiscono la grande difficoltà di una perfetta riproduzione televisiva a prezzo possibile.

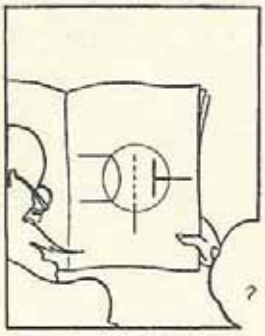
« La proiezione dei puntini di cui sopra si ottiene con un sottilissimo raggio di luce che percorre lo schermo sul quale deve comparire l'immagine, e che varia di luminosità durante il suo movimento. Nel nostro caso l'intera superficie è spazzata dal raggio di luce 25 volte in ogni secondo. Dal trasmettitore si tratta quindi di trasmettere più segnali: uno principale ad intensità continuamente variabile che fa variare la luminosità del raggio luminoso del ricevitore, e altri ausiliari che devono pilotare lo spostamento del raggio stesso. Al trasmettitore la figura da trasmettere ed al ricevitore lo schermo sono quindi percorsi da raggi di luce che i segnali ausiliari mantengono in perfetto sincronismo tra di loro.

« La luce riflessa da ogni punto della figura da trasmettere è maggiore o minore a seconda del chiaroscuro del punto stesso e impressiona più o meno cellule fotoelettriche, la cui funzione è di trasformare le variazioni luminose in variazioni di corrente. Queste variazioni di corrente fanno appunto variare la intensità del segnale che comanda a distanza la luminosità del raggio del ricevitore.

« Altri apparati di televisione, specialmente i più moderni, funzionano in modo assai più complicato e difficile da spiegare in poche parole. Il concetto della trasmissione e della ricezione per mezzo di una rapida successione di punti rimane però sempre alla base di tutti i procedimenti, anche dei più moderni, e solo varia il sistema di realizzazione pratica. Con questo, caro Condensino, abbiamo terminato di passare in rassegna i principali aspetti della radiodiffusione, dal microfono nell'auditorio all'altoparlante dell'ascoltatore. E' stato naturalmente uno sguardo rapido, perchè per un esame più minuto e preciso sarebbe stato necessario ricorrere a concetti matematici ».

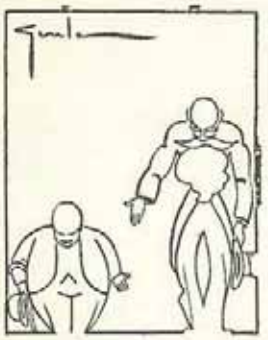
« Le sono molto grato, signor Fonolo. Mi pare quasi che ora potrei tenere un corso di radio. Le faccio una confidenza. Ogni volta che ci lasciavamo annotavo con la massima cura quanto lei mi aveva detto, cosicchè ora possiedo un quaderno che è quasi un trattato! Guardi. E' anche illustrato. In queste pagine c'è tutto quanto lei mi ha detto. La trasmissione dagli auditori è illustrata nelle pagine 5 e 6 insieme al funzionamento del microfono. La sala di controllo, dove le correnti microfoniche sono amplificate, è illustrata nella 7ª pagina. L'8ª pagina è dedicata alle trasmissioni dai teatri. Le trasmissioni in relais sui cavi sono spiegate a pagina 9. Le pagine





10, 11, 12 sono dedicate a nozioni elementari di acustica tecnica. A pagina 13 si entra nel trasmettitore, il funzionamento del quale è spiegato nelle pagine successive. E precisamente a pagina 14 lo schema generale del trasmettitore, a pagina 15 il funzionamento degli oscillatori a quarzo, a pagina 16 la modulazione e gli amplificatori ed a pagina 17 le linee ad alta frequenza. L'interessante argomento delle antenne per trasmissione segue alle pagine 18 e 19. Dalla 20ª alla 24ª pagina si parla delle onde e delle radiazioni, con il che finisce la parte radiotrasmettente ed inizia a pagina 25 la radioricezione cominciando dalle antenne riceventi. Il detector a galena viene spiegato alle pagine 29 e 30. La sintonia a pagina 31. Il ricevitore telefonico a pagina 32. A pagina 33 hanno inizio le valvole elettroniche e sono successivamente descritti i diodi (33), la rettificazione (34), il triodo e la rivelazione (35), gli amplificatori a bassa ed alta frequenza (36 e 37), i ricevitori a valvole e la supereterodina (38), gli oscillatori (39), le valvole a più di tre elettrodi (40). L'importante argomento dei disturbi è trattato alle pagine 41 e 42. Ed infine a pagina 43 è un brevissimo cenno sulla televisione ».

« Bravo, Condensino, lei è un allievo diligente e volonteroso. Sono molto contento di constatare che le nostre conversazioni sono state indiscutibilmente utili ».



« E' un fatto che oggi molte persone che passano per possedere una discreta cultura ignorano quasi completamente i primi elementi della radio, e cioè di un complesso di conoscenze e di applicazioni che si sono introdotte in ogni casa e che possono formare ad ogni momento oggetto di conversazione tra persone istruite. Ricordo ad esempio il sorriso ironico di miei amici vecchi radioascoltatori quando dicevo « autoparlante » o chiamavo « onde sonore » le onde radioelettriche. Era, in fondo, lo stesso sorriso che devo avere io quando qualcuno, ad esempio, mi chiama « giornalista » quello che vende i giornali o confonde Marat con Murat. Allora pensavo che fosse importante conoscere bene la letteratura e la storia e che nessuna importanza avessero le scienze applicate. Mi accorgo ora che una persona veramente colta non può ignorare le basi fondamentali di vasti settori del sapere umano ».

« Giustissimo, Condensino. E tra le scienze applicate la radio ha oggi, ed avrà ancor più domani, un posto ben importante! ».

« Signor Fonolo, la ringrazio di tutto cuore della sua squisita gentilezza ».

« E' stato per me un vero piacere, Condensino. Spero di rivederla presto. Le auguro una buona giornata ».

« La invito sin d'ora nella mia villa in riviera per la prossima stagione. Ci conto molto. Buon giorno, signor Fonolo ».

(Fine).

RAI
Museo della Radio e della Televisione

Via Verdi 14/16 - 10124 Torino

Copia tratta da una ristampa anastatica del 1997
di un volume degli anni '30 illustrante il funzionamento della radio

© RAI-2010