

Extractes i Traduccions

NATURA, CAUSA I REDUCCIÓ DEL «FADING» (1)

PEL DR. GREENLEAF WHITTER PICKARD

(MODERN WIRELESS, desembre 1925)

UNA de les més marcades diferències entre la radiocomunicació amb fils i amb sense, per a llargues distàncies, és la inconstància del circuit eteri. La relació entre el corrent emès i el rebut varia any per any, estació per estació, hora per hora, minut per minut, segon per segon i del dia a la nit. Tan gran és l'amplitud d'alguna d'aquestes variacions, que forma una veritable barrera contra molts usos de la radiocomunicació, i, sens dubte, la reducció d'aquesta amplitud és el problema més important que hi ha per resoldre en aquest art.

Exposició del problema

El major progrés vers la solució d'un problema, resideix, en primer terme, en la determinació exacta de quin és el problema; de fet, la clara exposició de la dificultat fa, sovint, innecessari el remei. Quan és determinat de la millor manera possible l'agent físic que intervé i és mesurat, quantitativament, el fenomen perturbador, pot dir-se que la solució és a l'encalç de la mà. Quins són els factors físics que intervenen en la radiocomunicació i què origina exactament aquesta fluctuació o afebliment?

Del raonament teòric de MAXWELL i la demostració clàssica de HERZ s'ha reconegut, per molt de temps, que l'espai que envolta un conductor transportant corrent d'alta freqüència és travessat per radiacions que no difereixen en res, tret la freqüència, de la llum visible. Avui no hi ha cap solució de continuïtat, en l'espectre de freqüències, durant algunes desenes de milers per segon (gama de radiacions usada en radio a llargues distàncies), extenent-se, encara, fins més enllà d'un quintilió de períodes per segon; podem produir i detectar radiacions de qualsevol punt d'aquesta enorme banda de freqüències. Per aquest motiu, la radio és merament una branca especial de l'òptica,

una utilització de l'extrem infra-vermell de l'espectre i el què és pertorbació per als raigs de la llum visible ha d'ésser també pertorbació per a les ondes electromagnètiques, excepte en els casos en què la gran diferència de freqüència entra com a factor.

D'això es dedueix que totes les lleis de l'òptica poden aplicar-se a la radiotransmissió. Pro-

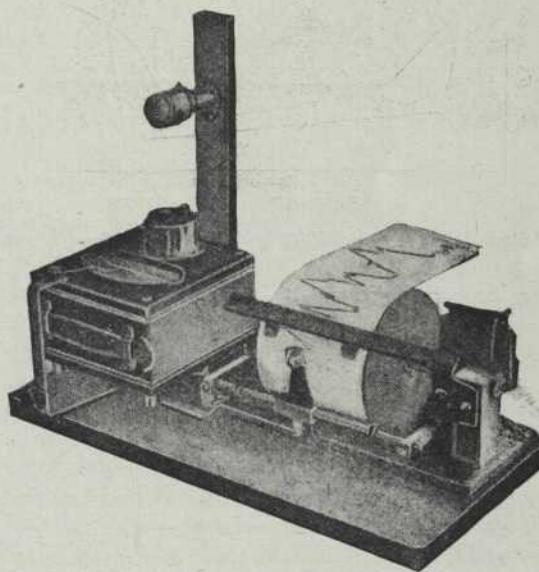


Fig. 1

L'instrument registrador usat pel Dr. Pickard per al mesurament dels senyals.

pagació rectilínia en el buit, reflexió, refracció, dispersió, interferència, difracció, polarització, absorció i tots els altres fenòmens de la transmissió de la llum són, necessàriament, trobats en radiocomunicació.

La propagació de la llum en línia recta dintre un curt espai de l'atmosfera és l'atribut més popularment conegut d'aquesta forma de radiació. Per això, en el començament de la radiocomunicació, es cregué que la corbatura de la terra marcava el límit definitiu per als possibles senyals a distància. Promptament, en la

(1) El mot anglès *fading* pot traduir-se al català per *afebliment*; no creiem, però, desatinat nomenar l'efecte estudiat pel mateix nom anglès.

realitat, fou passat aquest límit i quan es transmeteren senyals intel·ligibles d'Anglaterra a Amèrica, per sobre d'un arc de 45°, l'últim Lord RAYLEIGH exposà la pregunta, que restà en peu durant més de vint anys sense una resposta adequada: com es corbaria la radiació al voltant de la corbatura de la terra?

Moltes i enginyoses hipòtesis han estat fetes en explicació d'aquesta corbatura. La difracció, aquest petit replegament de la llum a l'entorn de l'eix d'un obstacle opac, fou enterament inadequada. Altra suggestió fou que les ondes lliscaven al llarg de la superfície conductriu de la terra, justament com deuen lliscar al llarg d'un fil, i, d'aquesta manera, adaptar-se a la seva corbatura.

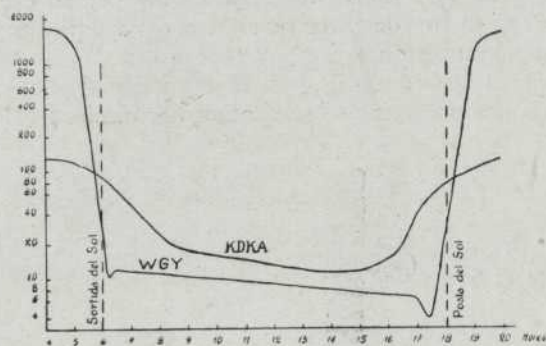


Fig. 2

Variació de les senyals de KDKA i WGY en un període de 16 hores

La capa atmosfèrica

L'explicació més tenaçment retinuda ha estat la de la *capa atmosfèrica de KENNELLY-HEAVISIDE*: un imaginari estratus intensament ionitzat en un centenar de quilòmetres prop l'horitzó de l'aurora. En la forma original d'aquesta hipòtesi, hom creia que la capa atmosfèrica era com un bon conductor que reflectia les radio-ondes a la manera d'un mirall, però que no era, evidentment, un conductor tan perfecte com per reflectir les ondes de llum. Hom suposava que aquestes radio-ondes eren retinudes en unes escates primes, relativament esfèriques, i que per reflexió total interna hom les feia viatjar sobre tota la terra.

Pot dir-se, amb tota franquesa, que l'original hipòtesi de KENNELLY-HEAVISIDE és, actualment, tinguda per improbable i inadequada, puix que no explica el fenomen ara conegut en la radiotransmissió.

Solament podia tenir-se en compte per a la transmissió feta sobre qualque arc ample, per tal d'obtenir, pràcticament, la perfecta reflexió de la capa superior a la terra de sota, la qual, a son torn, hauria de posseir una con-

ductivitat tan alta com per fer la seva existència molt versemblant. Una objecció més concloent a qualsevol forma de flexió formada per aire ionitzat fou donada recentment per LARMOR, qui exposà que una tal capa absorviria les ondes molt més possiblement que no les reflectiria; en altres paraules: faria el mateix efecte que una superfície de fum d'estampa a la llum visible.

La refracció com a possible causa

Però no és necessari d'invocar la reflexió per explicar el corbament d'una radio-onda. La refracció acomplirà el mateix resultat. Les ondes de llum són aturades per un cos opac, reflectides per un mirall, refractades per un prisma de vidre o polaritzades per un cristall de turmalina, car les ondes troben i posen en moviment les càrregues elèctriques que hi han distribuïdes dintre els diversos medis que absorbeixen, reflecten, refracten o polaritzen el raig.

En alguns medis, algunes d'aquestes càrregues electròniques són lliures de moure's indefinidament en qualsevol direcció i tals electrons lliures es troben molt més abundantment en bons conductors, tals com els metalls. Altres càrregues semblen ésser forçades elàsticament prop de centres moleculars o atòmics; el prisma de vidre refracta la llum per causa de la presència d'aquests electrons forçats. Substancialment, tots els diversos fenòmens de la transmissió de la llum tenen per causa l'acció recíproca del camp elèctric ràpidament altern de les ondes lluminoses, amb les càrregues lliures o forçades en el medi a través del qual passa; això és, els fenòmens esmentats són causats pels electrons que fan el medi òpticament actiu diferenciant-lo de l'espai buit.

Sistemes acordats d'electrons

Quan un raig de llum blanca passa a través d'un prisma, aquesta és dispersada en un espectre, degut al fet que les diverses freqüències de llum travessen el vidre amb diferents velocitats. Quan la freqüència de la llum és pròxima al període de ressonància dels electrons, el medi mostra una banda d'absorció per a aquesta freqüència; l'onda lluminosa és repel·lida per la superfície del medi o bé és absorbida després d'unes quantes longituds d'onda de penetració. Per a freqüències que no són exactament les del sistema d'electrons, però que hi són molt properes, el medi presenta dispersió anòmala.

Es desprèn d'això que tots els medis transparents, amb la sola excepció del que anome-

nem espai buit, són merament transparents per a certes freqüències, car tots contenen sistemes d'electrons variablement acordats.

El vidre és transparent per a la sèrie de freqüències que afecten l'ull, però és opac a les freqüències lleugerament superiors de l'ultra violeta. L'atmosfera, com el vidre, és transparent a l'espectre visible, però és gairebé opaca a l'ultra-violeta i a certes freqüències de l'infra-vermell.

Efectes dels camps externs

Fins ací havem considerat solament els fenòmens òptics resultants de l'acció simultània d'ondes lluminoses i electrons, sense pendre en consideració l'efecte òptic de qualsevol camp tancat que pugui també ésser present en el medi. FARADAY descobrí que quan un raig de llum polaritzada travessava un bloc de vidre simultàniament amb un camp magnètic paral·lel, el pla de polarització era rotatori; aquest fenomen és conegut sota la denominació d'efecte FARADAY. D'una manera anàloga un camp electrostàtic en angle recte al raig produeix doble refracció i un canvi en el pla de polarització de la llum tramesa i aquest és el que hom anomena, d'ençà de la seva descoberta, efecte KERR.

Medi de refracció desconeguda

En la radio comunicació el medi de transmissió és l'atmosfera, i tal vegada alguna extensió de l'espai buit fora de la atmosfera, enc que això últim no es fa veure d'immèdiata importància, donat que tota radiació que es perd fora l'atmosfera, és insensible a qualsevol radio-circuit entre punts terrenals. Però ara, en el nostre examen dels factors físics involucrats, arribem a un punt insuperable: no coneixem la porció de la nostra atmosfera on presumiblement té lloc el corbament i clivellament de les radio-ondes.

Fins a 35 quilòmetres aproximadament, coneixem la pressió, temperatura i composició de l'atmosfera; coneixem també la distribució de la ionització fins a uns 10 km. No tenim, però, cap coneixement efectiu d'aqueixes regions; avui són els principals camps d'especulació les altes capes atmosfèriques. Coneixem que l'atmosfera és travessada per dos camps més o menys constants: l'un magnètic, l'altre electrostàtic. Aquests camps magnètic i electrostàtic de l'atmosfera tenen efectes òptics verament molt petits sobre les ondes de llum visible, però deuen tenir un efecte molt considerable sobre certes freqüències de la radio.

Diversos camins possibles

Creiem avui que la radiocomunicació és possible solament en les més curtes distàncies per un corbament de les radio-ondes motivat pels ions i electrons de l'aire, tal vegada ajudats pels camps magnètic i electrostàtic que envolten la Terra; i hom veu, certament, que algun d'aquests corbaments no actua uniformement sobre la radiació sencera del transmissor, però, en contra, la divideix en dues o més parts, les quals segueixen diferents camins a través l'atmosfera i, eventualment, arriben juntes al receptor. Aquesta divisió o partiment de l'onda i la reunió, en el receptor, de les parts separades, està lluny d'ésser un efecte normal: és causat pel *fading*, i probablement també per les zones mortes, que tenen, desagradablement, una importància extraordinària en el treball d'alta freqüència. Si qualsevol d'aquest canals o camins és inconstant i les ondes que hi viatgen són irregularment i ràpidament variades en fase i àdhuc en polarització també, quan arriben al receptor es sumen i es resten de la força de les altres ondes.

Dades del "fading"

Un dels més frapants canvis de la radio-transmissió té lloc en la banda de freqüències del *broadcasting* (2) quan el dia es canvia en nit. A distàncies majors de tres o quatre quilòmetres, la magnitud d'aquest canvi és importantíssima, i com saben bé molts radio-oients, aquesta diferència es tradueix, sovint, en rebre excellentment, amb alt parlant durant la nit, l'estació que no ha estat possible escoltar en tot el dia.

En la fig. 2 hom indica els mesuraments de transmissió del canvi diurnal en la intensitat del senyal (el quadrat de la força del camp) a Newton Centre, Mass., de *W G Y* de Schenectady, Nova York, distant 225 km i treballant a 790 quilocicles (3); i de *KDKA* a Pittsburgh, Pa., distant 760 km i transmetent a 400 quilocicles. El canvi diurnal a la sortida i posta del sol, i per a la més baixa freqüència de *WGY*, obté una magnitud de més de cent vegades.

Però les fluctuacions comunament nomenades *fading*, són de molt curt període en l'ordre

(2) *Broadcasting* anomenen els anglesos el servei que nosaltres podem designar per *radio-difusió*. Per la raó esmentada no trobariem malament d'adoptar aquest mot. Cal esmentar, però, que el nostre mot és més eufònic.

(3) *Cicle*=període. Podem adoptar perfectament la paraula *cicle* en composició amb *quilo*. És més fàcil de dir *quilocicles* que *quilo-períodes*.

dels minuts, segons i, encara, fraccions de segon; i és aquesta variació de curt període que ens interessa principalment en aquest article.

Efecte de la distància

Tots els radio-oients poden observar cada nit que les estacions locals són rebudes, per a la orella, amb una intensitat invariable, i que les de major distància fluctuen de minut en minut i de segon en segon, arribant àdhuc a la anul·lació completa, durant un curt temps. Si l'observador és d'esperit analític, no trigarà gaire a classificar les estacions en tres grups: les que no s'afebleixen, les que s'afebleixen paulatinament i les que s'afebleixen violentament. Havent classificat les emissores, trobarà que les del primer grup estan generalment dintre un radi de 50 km: són les *broadcastings* locals. Restarà sorprès de trobar en el segon grup—afebliment lent—estacions situades a distàncies entre 50 i 150 km i àdhuc 500 km. En el grup terç o grup de *fading* violent, trobarà les distanciades entre 100 i 400 km. Finalment, conclourà que la distància és el principal element per determinar la quantitat i caràcter del *fading* i assenyalarà diferències en les agrupacions del dia i de la nit.

Com és mesurat l'afebliment

Com sigui que els radio-oients amb llurs orelles solament, com a instrument de mesura, no poden obtenir un acurat quadro del canvi d'intensitat en la recepció d'una estació llunyana, els serà necessari un instrument de registre.

Això és simplement obtingut amplificant primerament els senyals en radiofreqüència (4), rectificants-los per làmpada (5) o per cristall detector (6) i fer passar el corrent rectificat per un galvanòmetre, les indicacions del qual són registrades fotogràficament o d'altra manera. Una forma de registrador que és extensament usat en aquest treball s'acciona a mà: l'observador segueix els moviments de l'agulla del galvanòmetre amb un índex, que pot ésser

(4) Nosaltres coneixem la *radiofreqüència* per *alta freqüència*. Ambdues paraules les trobem correctes.

(5) En la impossibilitat de fixar aquest mot prenent model del Diccionari ortogràfic i de la premsa catalana, ens atenim als quaderns de l'Extensió d'Ensenyament Tècnic, i diem: *làmpada*. Admetem com a definitiva aquesta paraula, tenint en compte també la gràfia d'altres llengües europees.

(6) Evidentment, *detector*—paraula anglesa—podríem traduir-lo per *decellador*, *descobridor*; donat, però, que abans d'ara, ha estat universalment adoptat, no veiem inconvenient d'acceptar un mot nou per a una idea nova.

també connectat mecànicament a una pluma registradora que es mou sobre una banda de paper amb moviment pausat. La fig. 1 mostra una fotografia d'aquest registrador.

La fig. 3 és una gràfica que assenyalava el *fading* en son començament, produït per una estació de radiodifusió solament distant dotze quilòmetres. La línia superior d'aquest registre fou feta durant el matí i la inferior durant el vespre del mateix dia. La minça ondulació de la línia de registre del matí és probable que sigui deguda, principalment, als petits canvis de corrent d'antena en el transmissor. Les majors i més ràpides fluctuacions del registre de la nit

WNAC a Newton Centre, 1080 Kc. 18 Abril 1925
17 Quilòmetres

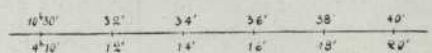
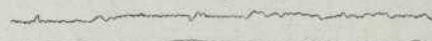


Fig. 3
Fading incipient

són degudes al *fading*, l'amplitud del qual és tan petita que escapa enterament a l'orella. Aquesta gràfica representa un dia mitjà, per aquesta recepció; alguns dies mostren una amplitud més petita que aquest i d'altres una amplitud molt més extensa.

Més grans distàncies

Quan la distància entre el transmissor i el receptor és més gran, també creix la diferència de recepció entre el dia i la nit. En primer lloc el caràcter del registre no canvia, enc que l'amplitud de l'oscil·lació augmenti fortament amb la distància; però quan és assolida una zona entre 100 i 300 km—la distància exacta depèn llargament dels factors geogràfics que hi intervenen, tals com puigs, boscos, planes i masses d'aigua—el *fading* és molt més violent.

La fig. 4 és una gràfica registrada a Newton Centre de la estació WGY de Schenectady, distant 225 km. El registre superior fou pres en temps diurn, i les fluctuacions són relativament minces. Els registres inferiors corresponen a la nit del mateix dia, i s'hi veuen canvis molt grans, inclús un petit nombre d'afebliments totals.

Els registres vistos a les figures 3 i 4 han estat presos amb un galvanòmetre de bobina mòbil d'un període d'alguns segons; per tant, les fluctuacions menors, de duració de pocs se-

gons, no foren efectivament registrades. Emprant un galvanòmetre de suspensió de fil, amb pel·lícula fotogràfica de moviment ràpid, és molt fàcil de registrar totes les fluctuacions, i sempre les de radiofreqüència. Hom observa que els períodes de *fading* són registrats en freqüències de 50 a 100 per segon; això és: el *fading* varia en una audiofreqüència (7) i és ell mateix una causa de sons en els fonos re-

Com sigui que, únicament, les càrregues elèctriques en l'atmosfera poden explicar-nos el corbament i divisió de les radio-ondes, d'ací la hipòtesi que aquests ions i electrons siguin la sola causa del *fading*.

Un remei per al *fading*

Però sigui quin sigui el mecanisme exacte pel qual es produeix, sembla totalment versemblant que el *fading* és purament efecte d'interferències entre dues o més sèries d'ondes. Actuant segons aquest supòsit, reduïriem el *fading* erigint diverses antenes transmissores separades per distàncies d'una o més longituds d'onda. Cada antena seria alimentada per un amplificador de força, en la seva base, i aquests amplificadors de força serien alternativament connectats per línies transmissores d'alta freqüència a un punt central, on el corrent d'un oscil·lador principal de poca força, modulad en la forma usual, seria remès a la xarxa. En l'extrem receptor, un receptor de punt simple, del tipus ordinari, experimentaria molt petit afebliment vist el gran nombre dels diferents camins dels transmissors, i una reducció ulterior s'obtindria amb un receptor de punt múltiple similar, consistent, aquest darrer, en un nombre d'antenes ben separades, unides a un punt comú a través de línies de transmissió. Seria millor d'efectuar en el receptor una conversió de freqüència en cada antena mitjançant l'ús d'una super-heterodina, i les línies de transmissió transportarien corrent al punt comú o central en una freqüència materialment més baixa i més manejable.

Una part del meu sistema complet ha estat ja executat per l'estació repetidora de Hastings, Nebraska, on foren emprades per rebre la transmissió d'alta freqüència de Pittsburgh, dues antenes molt separades i s'obtingué una reducció molt notable del *fading*. Els millors resultats, però, s'obtenen emprant el sistema complet, o bé, per ajudar els radio-oients que tenen una grossa dificultat d'erigir un receptor de punt múltiple, emprant transmissors de punt múltiple.

En conclusió, és interessant de notar que diverses altres solucions proposades per al problema del *fading*, tals com la radiació dirigida cap a amunt, obtinguda per excitació harmònica de l'antena transmissora; polarització horitzontal en el transmissor, augment de la força i transmissió i recepció dirigides, han estat provades durant l'any passat sense resultat.

T. F., trad.

WGY a Newton Centre, 790 Quilociques, 19 Abril 1925
225 Km.

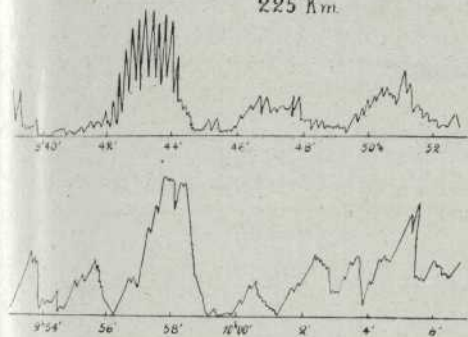


Fig. 4

L'efecte del fading creix amb la distància

ceptors, els quals prenen, usualment, la forma de nota brunzent de diapasó baix. Un tal afebliment d'alta freqüència és causa freqüent de distorsió en radio-recepcions. En freqüències més altes que les emprades en l'actual banda de *broadcasting*, aquest afebliment d'audio-freqüència és particularment important i forma una barrera real contra l'ús de l'alta freqüència per al *broadcasting*.

Seguiment de la causa del *fading*

Els fets esmentats són els més importants productors del *fading*; però, quina és la seva causa exacta? És evident que està en alguna part de l'atmosfera, puix que ni les condicions geogràfiques intervinents ni la humitat en la superfície del sol són capaços de produir els canvis ràpids que registren les gràfiques. Estem encara sobre una base ferma quan diem més endavant que no és possible d'explicar-nos el *fading* per canvis en la composició de l'atmosfera o per quantitat variable o distribució del seu contingut d'humitat, si no és per la coneguda ionització variable.

(7) Nosaltres coneixem ací l'audiofreqüència per baixa freqüència. Tant audiofreqüència com radiofreqüència, són de composició nordamericana, perfectament admissibles en la nostra parla tècnica.