

Groundwave Propagation
(Mixed-Path)

by J. Houtsmuller *)

Summary

When calculating the attenuation and phase for a path consisting of two, three and more homogeneous sections, the boundaries between the latter are generally assumed to be sharp, although in practice they may be more or less gradual,

The calculations carried out below for two special cases of gradual transitions show that, at least at larger distances from the boundary, it is admissible to assume the latter as sharp. The calculations are based on a method developed by Bremmer which method is explained in the text.

1. Introduction: object aimed at.

When at the Dr. Neher Laboratory investigations were being made regarding the propagation of radio-waves over an inhomogeneous earth, it became clear that it would be necessary to have at one's disposal the theoretically correct values of the fieldstrengths occurring when radio-waves are propagated along a particular inhomogeneous path over different ranges. Calculations for such a path were based on a method described in "The extension of Sommerfeld's formula for the propagation of radio-waves over a flat earth, to different conductivities of the soil" by H. Bremmer (*Physica XX*, pag. 441-460; 1954).

In this article only the case of a flat earth is treated; the method developed is identical with the one used by Hufford, who applies the same integral equation for an irregular stretch of ground.

The calculations were carried out by the Mathematical Centre at Amsterdam. The preparatory work for it was done by Mr.

*) PTT Laboratories, Leidschendam, Holland.

A. L. Steiner of the Mathematical Branch of the Dr. Neher Laboratory, who also discussed the subject with the said Centre.

The object of the calculations is the following:

- 1.1. To find out whether the manner in which the transition from one medium to the other takes place, has any appreciable influence on the fieldstrength. Transitions in horizontal directions are only considered. It has been assumed that the soil is still of a homogeneous composition in vertical direction. Horizontal stratification has been left out of consideration for the time being.
- 1.2. To investigate what errors may be expected if for a particular case some empirical method or other is used. For this purpose the more exact method has been worked out for the same case, its results being used as a check. When comparing the two different methods, the amount of work required for each of them should be taken into consideration.
- 1.3. To obtain an insight into the changes in phase and amplitude when the boundary line between the two media is passed. In a general sense: to dispose of a reliable series of data characterizing the transition phenomena in some idealized cases.

2. Mathematical expressions used for the calculations.

As a starting point for the present calculations we applied formula (11) of the study mentioned above, which can be written as follows:

$$y(x) = 1 + \frac{i\sqrt{x}}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \frac{y(\xi) \mu(\xi)}{\sqrt{\xi(x-\xi)}} d\xi. \quad (1)$$

The coordinate ξ represents the distance from the transmitter at 0 to some point on the line connecting the former with the receiver at $\xi = x$. The parameter $\mu(\xi)$ depends on the local values of the relative dielectric constant ε and the conductivity σ (in e m u) according to:

$$\mu(\xi) = 10 \sqrt{\frac{5\pi}{\lambda}} (1 + i) \frac{\sqrt{\varepsilon(\xi) - 1 + 6i \cdot 10^{12} \lambda \sigma(\xi)}}{\varepsilon(\xi) + 6i \cdot 10^{12} \lambda \sigma(\xi)}; \quad (2)$$

$\gamma = \frac{3 \cdot 10^8}{f}$ represents the wave length in metres for a frequency f

expressed in c/s, whereas the distances x and ξ are expressed in kilometres.

The y -function is an extension of Sommerfeld's function of the same notation, the latter holding, however, for a homogeneous earth. The y -function in (1) also represents the attenuation of the field with respect to that corresponding to a perfectly conducting earth. In contrast to Sommerfeld's function, however, the extension under consideration can be given in an analytical form for very special μ profiles only (e.g., for that of two adjacent homogeneous sections); it has in general to be solved numerically from (1).

The calculations made refer exclusively to one very particular path which is representative for measurements that have already been carried out; the results for this path have also yielded valuable data for the drawing up of a programme for future measurements. The experience gained could be used to investigate whether it would pay to have a more general case elaborated in the future. The plan for calculations to be made later follows below.

3. Method of Calculations.

It was decided to make the calculations for propagation over a surface consisting of two homogeneous sections of soil, namely

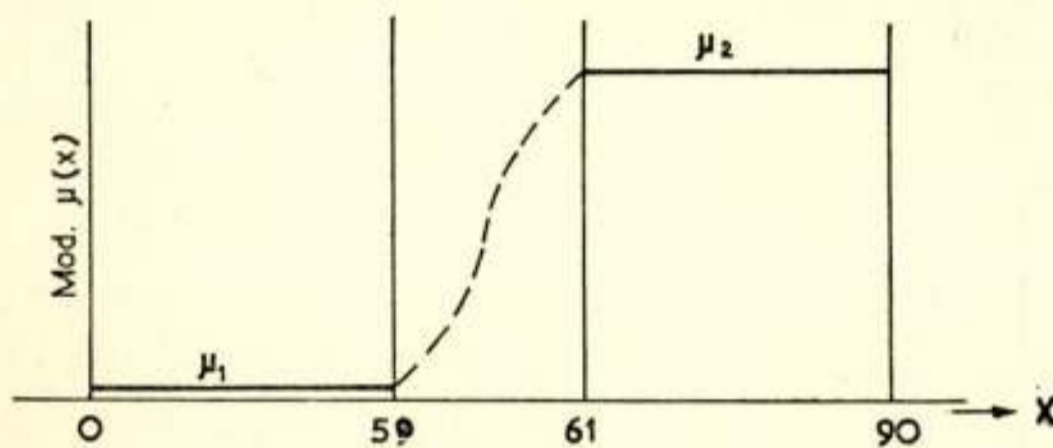


FIG. 1

Transition zone of 2 km

first sea-water over a distance of 60 km and next dry sand (dunes) over a distance of 30 km. The frequencies concerned were $2.824 \cdot 10^6$ c/s and $1.764 \cdot 10^6$ c/s; they had been used for a great number of measurements.

Since the idealization of the sea-land transition by a sharp boundary line proves to be questionable, the calculations were made for different transitions from the first medium to the other. The following transitional conditions were considered:

3.1. A discontinuous transition between the two media.

An area of sea-water having a conductivity and a dielectric constant of $\sigma_1 = 4 \cdot 10^{-11}$ and $\epsilon_1 = 80$ respectively, is

contiguous to the dunes for which hold the values $\sigma_2 = 10^{-14}$ and $\epsilon_2 = 4$.

3.2. Two gradual transitions of the electrical constants from the first medium to the other, each over the two distance ranges shown in fig. 1 and 4. The corresponding μ profiles are defined as follows:

3.2.1. both the dielectric constant and the conductivity change linearly over the transition range in question, as shown

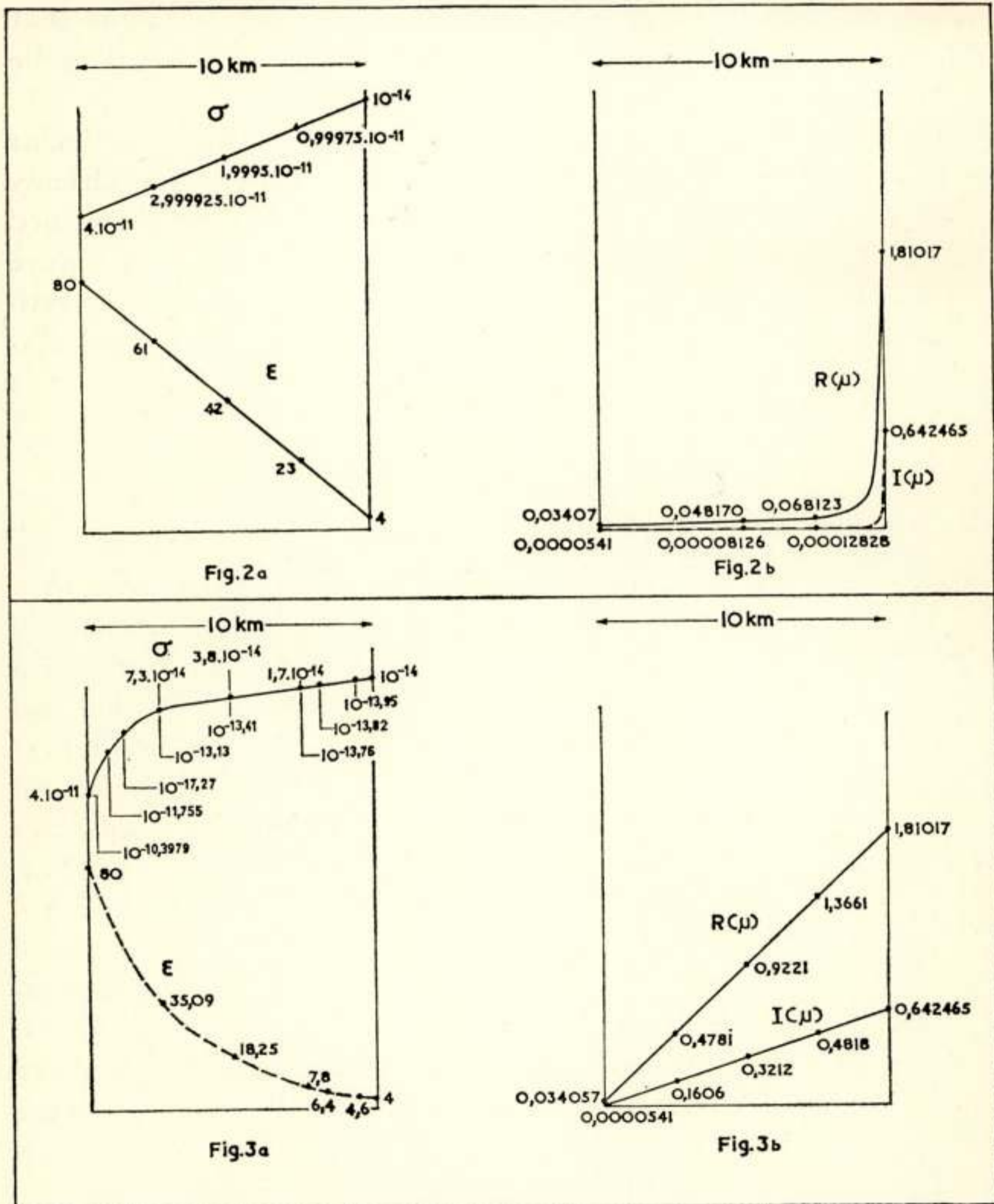


Fig. 2a. Dielectric constant and conductivity change linearly.

Fig. 2b. Change of real and imaginary parts of $\mu(x)$ corresponding to fig. 2a.

Fig. 3a. Change of ϵ and σ corresponding to fig. 3b.

Fig. 3b. Real and imaginary parts of μ change linearly.

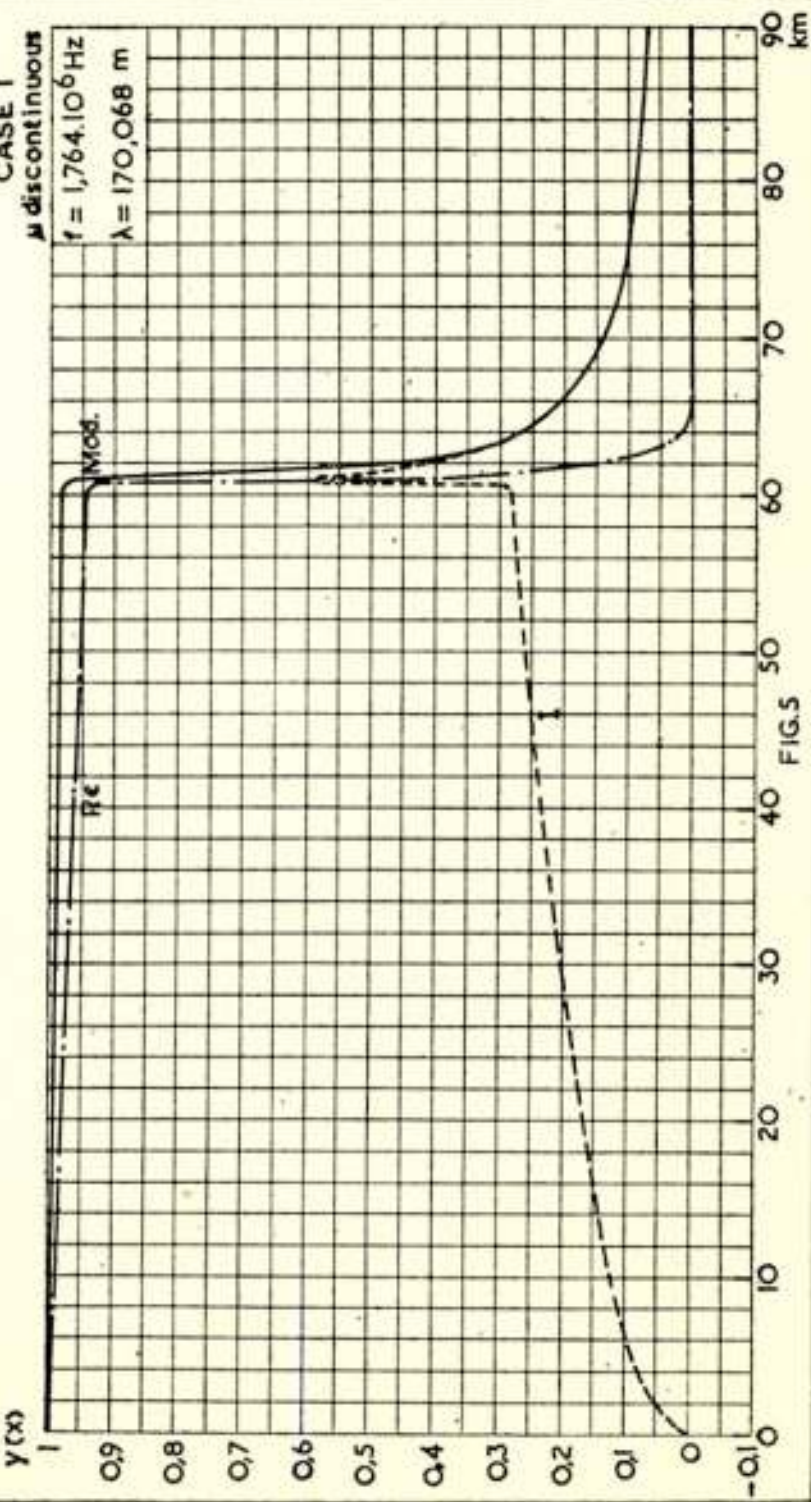
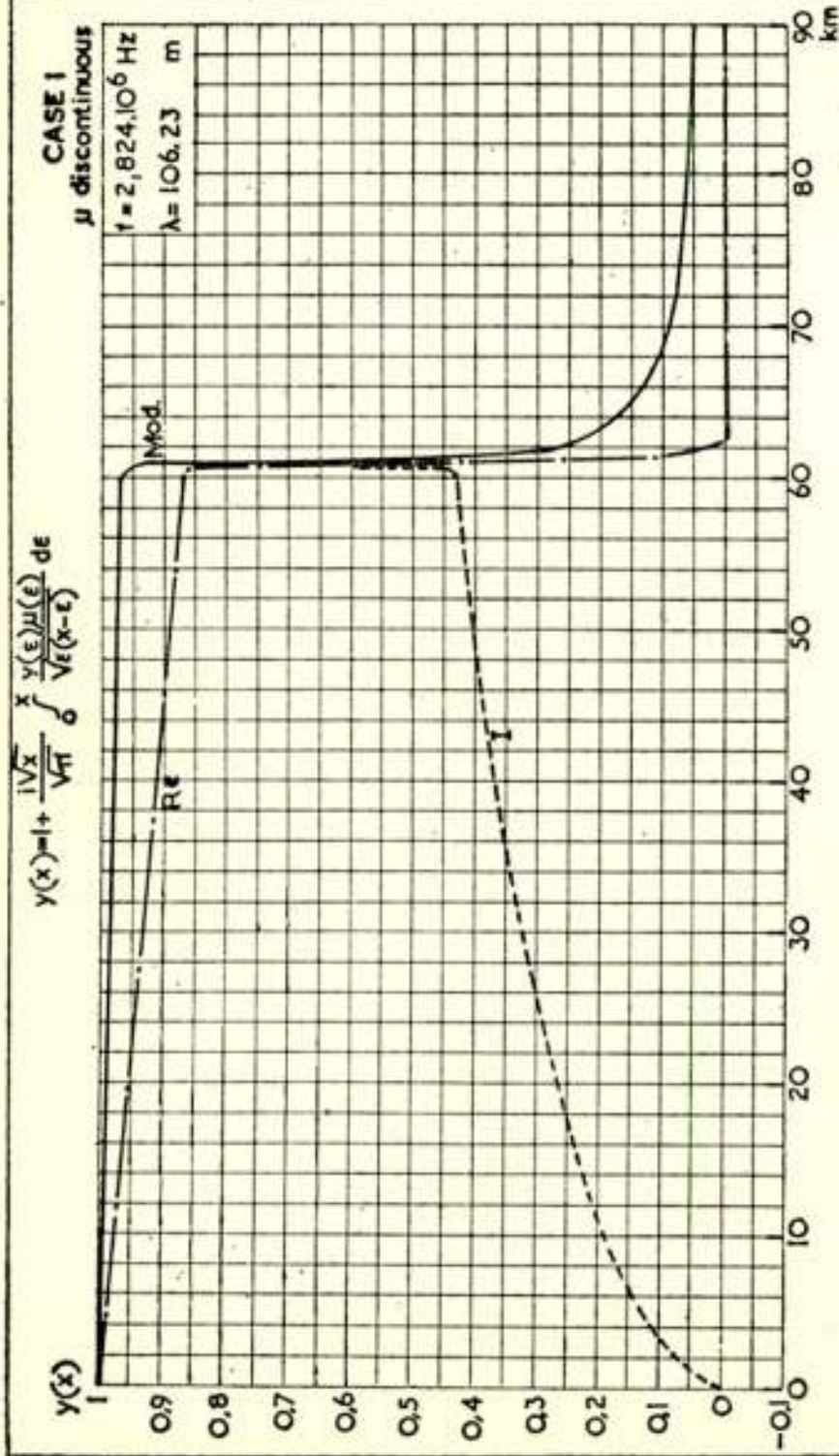
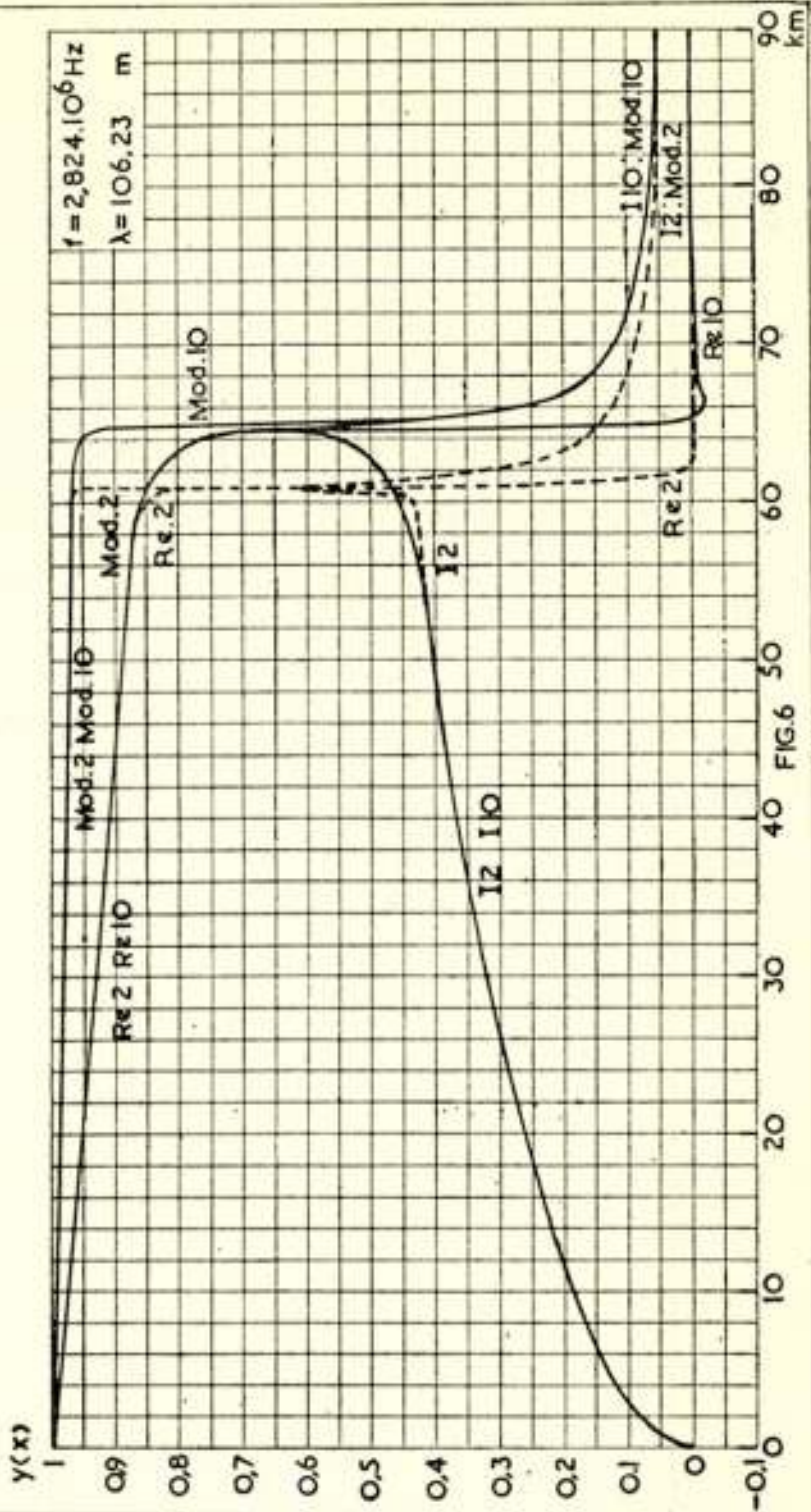
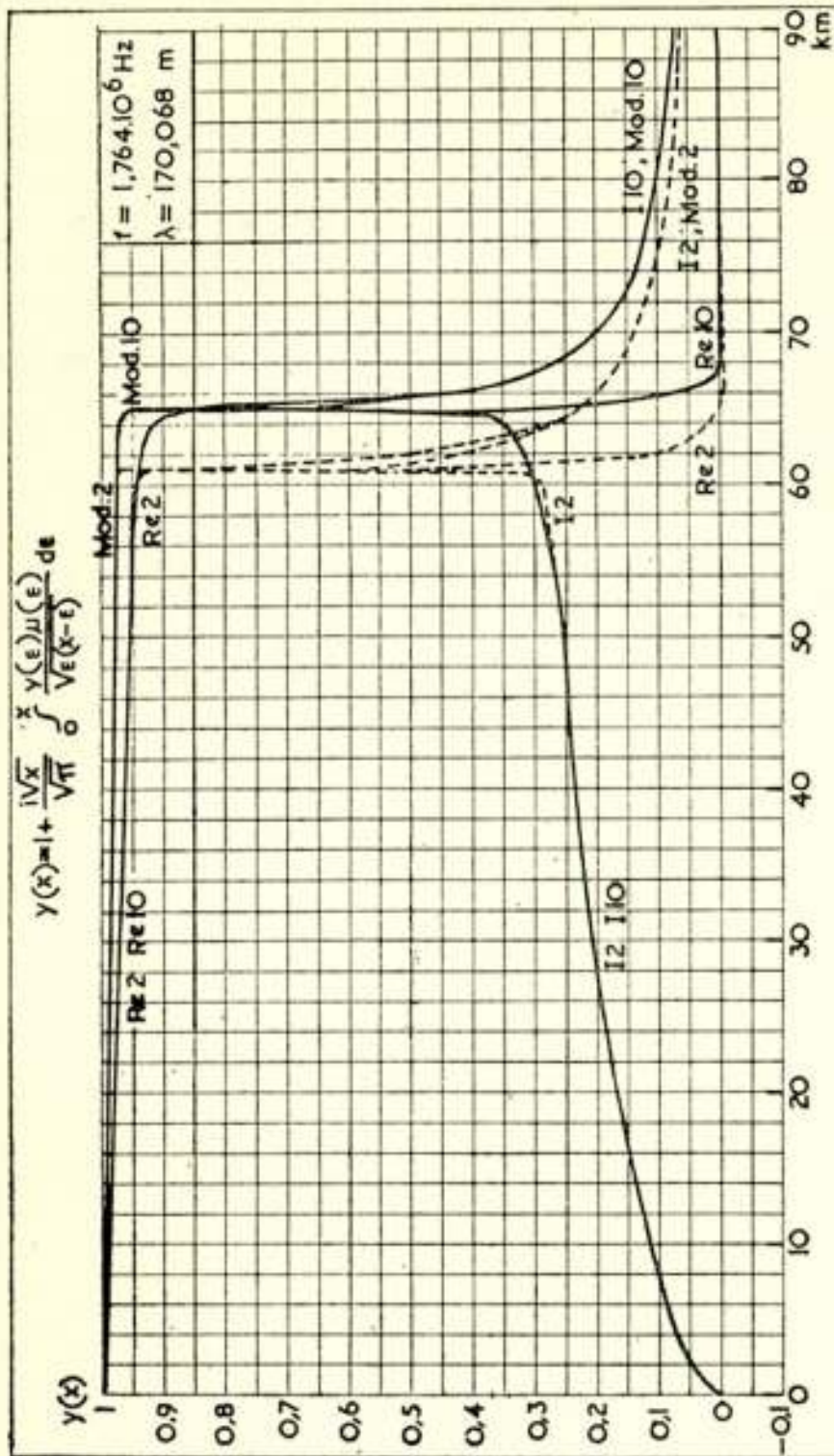


Fig. 5. Curves for a discontinuous transition of μ .

Fig. 6. Curves for a linear change of ϵ and σ .

in fig. 2a. The real and imaginary parts of $\mu(x)$ then change as drawn in fig. 2b;

- 3.2.2. both the real and imaginary parts of μ change linearly (fig. 3b). In fig. 3a the associated distributions of ε and σ are given.

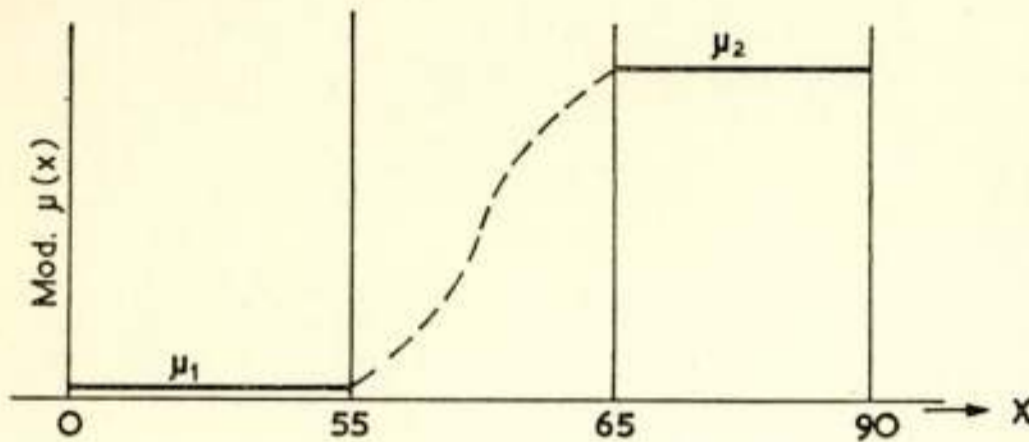


FIG. 4

Transition zone of 10 km.

4. The results.

The results of the calculations are drawn in figures 5 to 8 inclusive. The real part (*Re*), the imaginary part (*I*), and the modulus (*Mod.*) of the *y*-function are given as functions of the dis-

tance. Taking the ratio of the real and imaginary parts, it is easy to derive also the value of the phase angle at different distances, the said ratio equalling the tangent of this angle.

- 4.1. The values for the discontinuous transition of 3.1. are given in fig. 5 (for $f = 2.824 \cdot 10^6$ c/s and for $f = 1.764 \cdot 10^6$ c/s).

- 4.2.1. For a linear change of the dielectric constant and the conductivity [see (3.2.1)] in transition zones of a width of 2 and 10 km respectively, the values for both frequencies are given in fig. 6. The corresponding curves are labelled 2 or 10.

- 4.2.2. Fig. 7 and 8 show the values for a linear change of *Re* μ and *I* μ [see (3.2.2)] in the same transition zones of a width of 2 and 10 km respectively, again for the mentioned frequencies.

5. Discussion of the results.

Though the data obtained are meant to serve as a basis for a more profound study, the following conclusions can be derived even now from the present results.

- 5.1. For the cases where the transition of medium 1 to 2 is steepest, the slope of the curve representing the modulus

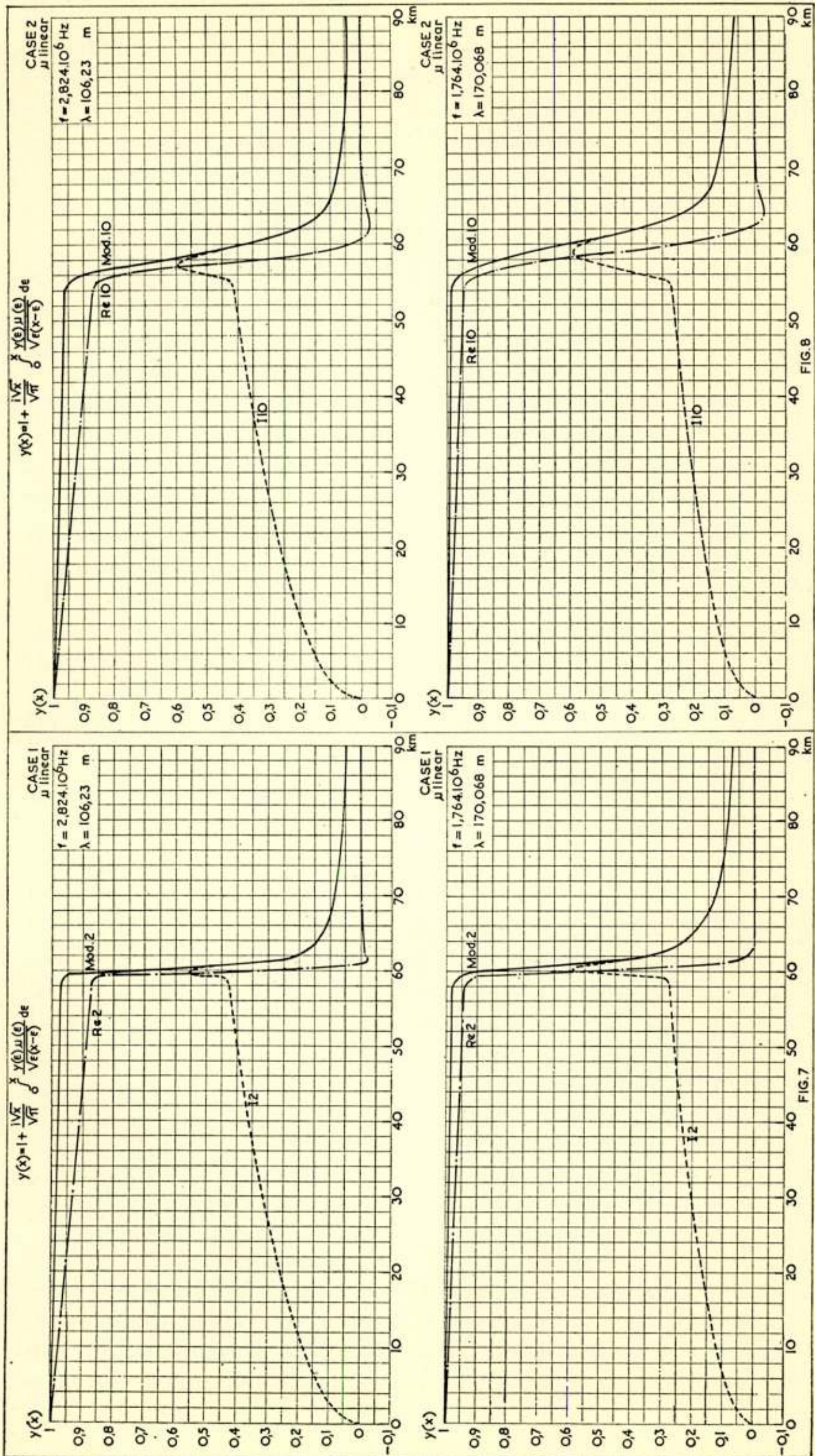


Fig. 7. Curves for a linear change of μ ; transition zone 2 km.

Fig. 8. Curves for a linear change of μ ; transition zone 10 km.

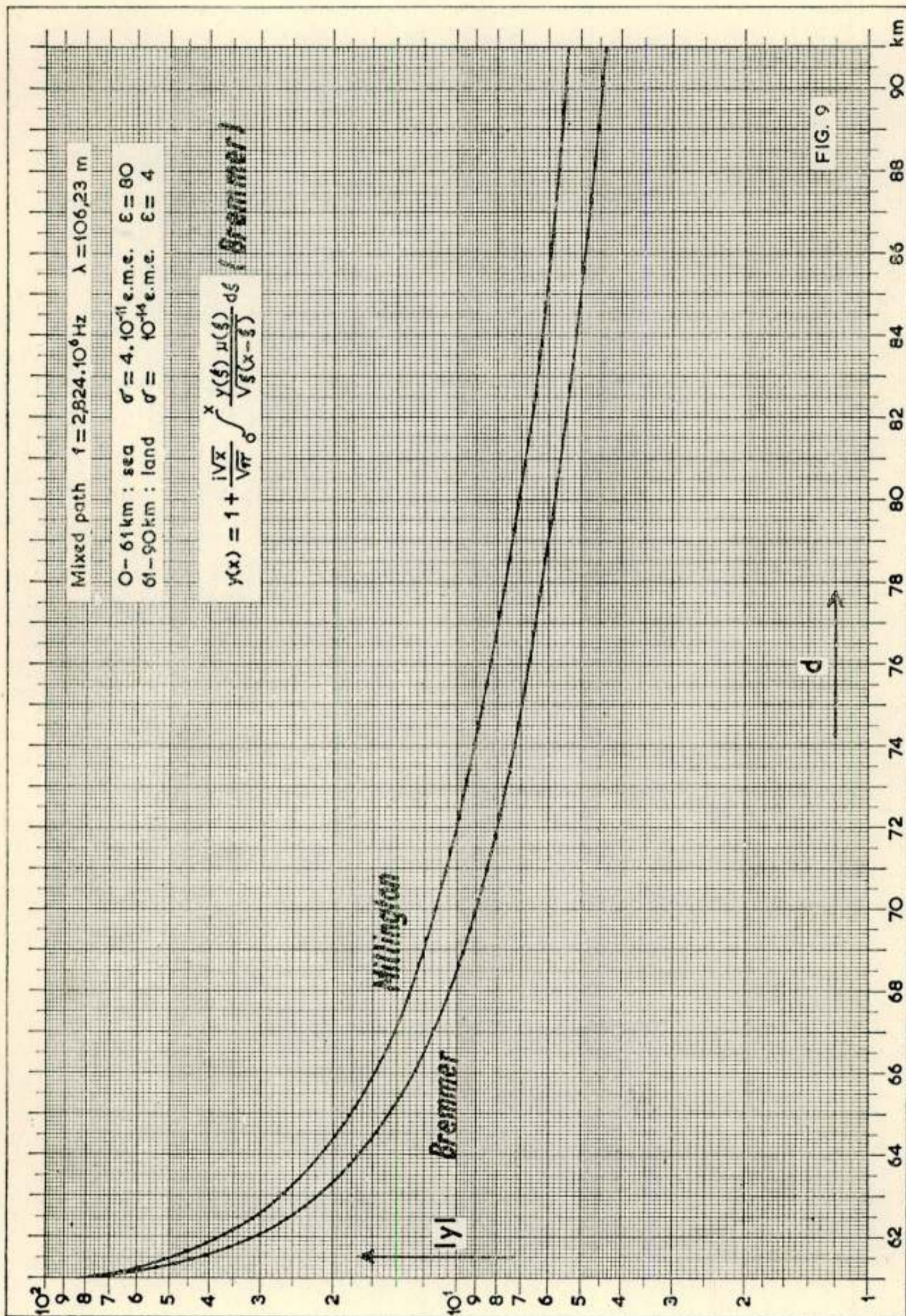
of the y -function has been calculated in dB/100 metres. The greatest local steepness (being the slope in an infinitesimal interval) was found in the curves of fig. 5 and 6; it amounts to a mean slope of 4.2 dB/100 m between $d = 60.986$ and $d = 61.000$ km. The greatest average decrease over the wider finite interval of 100 m, however, only becomes about 2.65 dB.

From this it follows that, though the steepness may be very great locally, it then also decreases rapidly, so that the average decrease over 100 m is not exorbitant.

Moreover it is certain that the approximation which is used in all the computations, viz. idealizing each continuous transition of section 3 by one consisting of small discrete steps of both ε and σ , must cause deviations near the discontinuities of the latter. This fact should also be considered here, and consequently not too great a value may be attached to such details as average steepness over narrow distance intervals.

- 5.2. The calculation shows that at a distance of some tens of kilometres from the boundary no deviations in the value of the y -function in the second medium occur which may be attributed to the character of the transition. We consider this a fact of major importance.
- 5.3. The lower curve of fig. 9 represents $|y|$ according to Bremmer's formula for the case in which a discontinuous transition from sea-water to dry ground ($\sigma = 10^{-14}$, $\varepsilon = 4$) occurs at a distance of 61 km from the transmitter (starting point of the abscis at 61 km). This curve has been determined with the aid of an electronic computer. The additional (upper) curve of fig. 9 shows, for the same conditions, the corresponding curve according to Millington's theory. One sees that for greater distances, Millington's curve lies about 2 dB higher than Bremmer's. This is in accordance with the results of calculations given by Z. Godzinski [shown on page 4 (2.2.3.) of the URSI document 105, comm. II, of the 12th General Assembly, Boulder 1957].

Values computed according to an empirical method described in the CCIR documents London 1953, no. 243 and no. 348, depend on the manner in which the transition from one medium to the other takes place. As this is not in agreement with the results of the present more exact calculations, we only mention here that for a discontinuous



X-as verdeeld in mm, Y-as log. verdeeld 1 · 10¹ Eenheid 100 mm.

N.V. Drukkerij „Mercurius“ Wormerveer

Comparison of the results of a calculation by Millington's method with those obtained by Bremmer's method.

transition from sea to land of bad conductivity, and for distances over the latter not exceeding 20 km, a reasonable agreement does exist between the empirical method in question and the theoretical values this paper. The method provided a useful tool for the computation of the expected fieldstrength for the transition from sea to dunes in the coastal areas of the Netherlands.

Discrepancies between values of the fieldstrength measured and those calculated exactly are always to be expected, due to the fact that near the boundary the earth constants, as a rule, show inhomogenities in a vertical direction. Moreover, Bremmer's theory still constitutes an approximation based on the assumptions mentioned in this paper (Leontovich's boundary condition and saddle-point approximation); the assumptions involve, a.o., an undisturbed field on the transmitter's side of the boundary.

The values of the fieldstrengths not disturbed by the second medium, calculated for a flat earth of very good conductivity ($\sigma = 4 \cdot 10^{-11}$) according to Bremmer's method, show no appreciable differences for a distance of 60 km with the corresponding values taken from the CCIR atlas. However, the atlas curves take into account the curvature of the earth. For this reason it seems justified to suppose that near the boundary of the two media the curves calculated for the flat earth are sufficiently accurate for a spherical earth surface as well. If the values computed according to Millington's method are compared with those obtained from other investigations, a good agreement appears to exist.

Enkele beschouwingen over het gebruik van radar voor verkeersleidingsdoeleinden te Schiphol.

door O. J. Selis *)

Summary

The article gives a brief description of the radar installations in use at Schiphol Airport.

In particular the safety and economy aspects of radar for approach control purposes are dealt with.

Whilst emphasizing the truly great advantages of radar for modern air traffic control, the author finally warns against the idea of considering radar as a kind of wonderful cure for all difficulties encountered in connection with the constantly increasing number, speed and categories of aircraft.

1. Doelstelling luchtverkeersregeling.

Hoewel volgens de desbetreffende ICAO-bepalingen**) onder de taak van de luchtverkeersregeling zowel moet worden begrepen het voorkomen van botsingen tussen luchtvaartuigen onderling, als botsingen tussen luchtvaartuigen en obstakels tijdens manoeuvres op de grond, zal in het onderstaande hoofdzakelijk aandacht worden besteed aan de eerste doelstelling t.w. de veilige separatie van de luchtvaartuigen onderling.

Daarbij komt tevens ter sprake een derde doelstelling vermeld in de ICAO definitie, nl. het voorkomen van vertragingen in het luchtverkeer en het handhaven van een geordend verloop van de vliegtuigbewegingen.

Uit het hiernavolgende zal wel blijken dat na het veiligheidsaspect bij de luchtverkeersregeling onmiddellijk het voorkomen van vertraging als belangrijke factor volgt. De zaak kan zelfs zo gesteld worden dat het geen kunst is het luchtverkeer op uiterst veilige manier te regelen, indien naar believen vertragingen zouden kunnen worden geïntroduceerd.

2. Radar-installaties in gebruik voor luchtverkeersregeling.

De toepassing van radar bij de luchtverkeersregeling op Schiphol dateert uit 1951. In dat jaar werd op Schiphol een op 3 cm golflengte werkende „Precision Approach Radar” (PAR),

*) Directeur van de Afd. Luchtverkeersbeveiliging van de Rijksluchtvaartdienst.

**) International Civil Aviation Organisation.

ten doel hebbende landende vliegtuigen „binnen te praten”, in bedrijf gesteld. Van deze radar wordt veelvuldig gebruik gemaakt in combinatie met het radiolandingsbaken „Instrument Landing System” (ILS). Het is interessant op te merken, dat we hier al direct in zekere zin de toepassing van het beginsel vinden, dat bij de beveiliging van het luchtverkeer niet alles op één kaart moet worden gezet.

Mocht één der systemen een storing vertonen, dan blijft er een alternatief beveiligingssysteem om op terug te vallen.

In 1952 volgde de inbedrijfstelling te Schiphol van de rondzoekradar, in ICAO-taal genoemd „Surveillance Radar Element” (SRE), werkende op een golflengte van 10 cm. Voorzover de SRE wordt gebruikt in combinatie met de PAR vormen deze beide samen het „Ground Controlled Approach” systeem, afgekort GCA. (Zie ook het aan het slot van deze paragraaf opgenomen overzicht van grondradar-installaties.) In het volgende zullen enkele verbeteringen in het SRE gedeelte van dit verkeersleidingssysteem, welke door de toepassing van kort geleden gereed gekomen additionele apparatuur mogelijk zijn geworden, worden besproken en toegelicht.

In het radar-golflengtespectrum is er zowel naar beneden als naar boven een verdere toepassingsmogelijkheid van verkeersleidingsradar nl. op 8 mm en in de 20-25 cm band (of eventueel 150 cm).

Een 8 mm radar-installatie, die hoofdzakelijk diensten kan bewijzen voor de bewegingen der vliegtuigen op het luchtvaartterrein, is te Schiphol beproefd en bleek zeer zeker van nut te kunnen zijn. Tot aanschaffing werd echter nog niet overgegaan, omdat het nut op dit ogenblik nog niet zodanig wordt geacht, dat de kosten voor aanschaffing en bediening verantwoord zijn. Als praktisch bezwaar werd bij de beproeving op de verkeers-toren ondervonden, dat de plaatselijke verkeersleider, die het verkeer op en in de onmiddellijke omgeving van het vliegveld leidt, afwisselend naar buiten en in de koker moet kijken om het visuele beeld te vergelijken of te completeren met het radarbeeld. Dit moge op de brug van een schip aanvaardbaar zijn, bij het zo snel wisselende beeld van het luchtverkeer stuit zulks op aanzienlijke bezwaren, mede door de moeilijkheid van een steeds wisselende aanpassing der ogen. Hier zou, evenals trouwens in de gehele organisatie van de luchtverkeersregeling, waar nauwe coördinatie noodzakelijk is tussen radarverkeersleiding en „conventionele” verkeersleiding, een daglichtpresentatie

(b.v. televisiescherm) met dezelfde precisie als het radarscherm, een grote stap vooruit zijn.

Voor radar-verkeersleiders, die hun werkzaamheden thans in gehele of gedeeltelijke duisternis of met speciale kunstverlichting moeten uitoefenen, zou het bovendien veel aangener zijn hun werk te verrichten in normaal verlichte ruimten.

Een op 25 cm werkende lange afstandsradar (reikwijdte 125 zeemijl op een reflecterend radar-oppervlak van 1.5 m^2 , ± 175 zeemijl voor een verkeersvliegtuig van gemiddelde grootte, zoals bv. de Viscount) zal in het voorjaar van 1959, voorlopig bij wijze van proef, te Schiphol in bedrijf worden gesteld.

Deze installatie, die een verticale dekking tot een hoogte van 50.000 voet zal geven, is in de eerste plaats bedoeld voor de verkeersregeling van de komende straal-verkeersvliegtuigen. Deze moeten van een hoogte van omstreeks 20.000 voet rechtstreeks naar de landingsbaan worden geleid, waarbij na een hoogte van 15.000 — 20.000 voet geen wachtprocedures meer mogen worden toegepast. Beneden deze hoogte neemt namelijk het brandstofverbruik van straalmotoren dusdanig onevenredig toe, dat het beschrijven van wachtcircuits om economische redenen onaanvaardbaar wordt.

Zonder op de technische specificatie van deze radarinstallatie in te gaan kan als enigszins spectaculaire bijzonderheid worden vermeld, dat de antenne van de installatie, om de in verband met de nauwkeurigheid vereiste horizontale bundelbreedte van ca 1° te bereiken, nogal behoorlijke afmetingen krijgt. Deze worden namelijk: breedte 16 meter, hoogte 5.2 meter, gewicht 14.000 kg.

De hoogte boven het terrein van de bovenzijde van de antenne wordt ± 24 meter.

Er is over de voor lange afstandsradar te kiezen golflengte een nogal levendige nationale en internationale discussie geweest tussen deskundigen op dit gebied. De voorkeuren van de verschillende partijen bewogen zich tussen 10 en 50 cm, waarbij de kleinere golflengte het voordeel heeft van het bereiken van de gewenste geringe bundelbreedte bij kleinere antenne-afmetingen en de grotere golflengte het minst gehinderd wordt door absorptie en reflectieverschijnselen in de atmosfeer. Voorts wordt het aantal lussen in het verticale stralingsdiagram bij groter wordende golflengte steeds kleiner en de „gaps” tussen die lussen steeds meer uitgesproken. Om die reden moet de golflengte niet te groot gekozen worden. Anderzijds maakt een langere golflengte een meer eenvoudige technische uitvoering van de in-

stallatie mogelijk. Uiteindelijk is na uitgebreide studie de keuze van de Rijksluchtvaartdienst voor de lange afstandsradar te Schiphol gevallen op 25 cm, welke keuze door sommigen wordt gekarakteriseerd als een gelukkig compromis tussen 10 en 50 cm.

Een enkel woord nog over het eventuele gebruik van hoogtebepalingsradar bij de luchtverkeersregeling. Alle hiervoor genoemde radarinstallaties, met uitzondering van de PAR, bepalen slechts azimuth en afstand der vliegtuigen. De vraag rijst of elevatiemeting noodzakelijk is.

Voor „monitor“-doeleinden, dus om na te gaan of een vliegtuig zich wel bevindt op de plaats, die het aangeeft, is er inderdaad een gebruiksmogelijkheid voor hoogteradar. En als in de toekomst — zoals in het SATCO-systeem*) is voorzien — de positiebepaling van vliegtuigen in drie dimensies en de overzichtelijke voorstelling van het verkeersbeeld geheel of gedeeltelijk automatisch door middel van grondradar zou geschieden, dan zal de radar-elevatiemeting eveneens van belang worden.

Thans, nu de luchtverkeersregeling nog in principe gebaseerd is op positie-bepaling door de vliegtuigen zelf en daarbij de bepaling van het element vlieghoogte de minste moeite geeft, springt het belang van de aanwezigheid van een elevatie-radar niet zo in het oog. Weliswaar is de barometrische hoogtemeter — de radiohoogtemeter blijft hier even buiten beschouwing — niet een absoluut instrument, doch of de nauwkeurigheid van de hoogtebepaling met behulp van grondradar beter is moet worden betwijfeld.

Verder moet worden bedacht dat de luchtverkeersregeling is gebaseerd op de behandeling van „coöperatieve“ doelen, d.w.z. doelen, welke zelf mede inlichtingen verstrekken omtrent hun bewegingen. Een vliegtuigbestuurder meldt bijv. steeds zijn vlieghoogte aan de verkeersleiding; het is dus niet nodig deze met een speciale radarinstallatie te gaan meten. Straks bij verdere ontwikkeling van de techniek, zal het op betrekkelijk eenvoudige wijze mogelijk worden de stand van een hoogtemeter in de automatische informatie van het vliegtuig op te nemen. Hierbij wordt gedacht aan het ogenblik, dat b.v. secundaire radar in gebruik zal worden genomen voor identificatie-doeleinden en een radio-data-link de communicatie grotendeels zal overnemen.

Hoofdzakelijk deze overwegingen hebben er toe geleid voor Schiphol nog geen hoogteradar aan te schaffen.

*) Zie deel 23 - no. 3 - 1958 van dit tijdschrift.

Overzicht van grond-radar-installaties voor luchtverkeersleidingsdoeleinden.

Aanduiding	Golflengte	Max. afstands- en hoogtebereik	Doel
Airfield Surface Moving Indicator (ASMI)	8 mm	10 km	Controle en leiding van bewegingen van vliegtuigen op een luchtvaartterrein
Precision Approach Radar (PAR)	3 cm	± 20 km ± 5000 voet	Voor eindnadering van wacht- bakens af.
Surveillance Radar Element (SRE)	10 cm	± 100 km ± 30.000 voet	I Voor het „rangschikken” van de vliegtuigen in het naderingsgebied, zodat zij met geregelde tussenpozen: a) kunnen landen met PAR b) bij niet te slecht zicht in de eind- fase een SRE-PPI nadering en daarop volgende landing kunnen uitvoeren. II Hulpverlening aan de algemene verkeersleiding.
Lange afstandsradar	10,25 of 50 cm	± 300 km ± 50.000 voet	Hoofdzakelijk voor controle en leiding van straalverkeersvliegtuigen

PAR en SRE
voorzoover ge-
bruikt in com-
binatie met
PAR, vormen
samen het
„Ground
Controlled
Approach”
(GCA)
systeem.

3. Separatie van vliegtuigen met behulp van verkeersleidingsradar.

Zoals hiervoor reeds aangestipt, is het gewenst dat, indien men door middel van radar separeert, men bij het onverhoopt uitvallen van de radarinstallatie een systeem „achter de hand” heeft om te zorgen, dat ook alsdan de veiligheid gewaarborgd blijft. Bovendien is er het vraagstuk, dat een verkeersleider slechts de bewegingen van een beperkt aantal vliegtuigen tegelijkertijd kan bewaken, alsmede het probleem dat het volledig leiden van de vliegtuigen door middel van grondradar een uitgebreide radio-communicatie tengevolge heeft, zodat de verbindingskanalen sterk belast worden en zelfs overbelast zouden kunnen raken.

In dit verband is het interessant op te merken dat vroeger door middel van grondradiopeilingen de positie van vliegtuigen door de grond-organisatie werd bepaald. Deze individuele behandeling der vliegtuigen moest echter bij het steeds toenemen van de aantallen vliegtuigen worden verlaten. Dit heeft geleid tot het huidige systeem, waarbij de vliegtuigen door middel van radiobakens zelf hun positie bepalen en de verkeersleiding daarvan op de hoogte houden. De vliegtuigen bewegen zich overeenkomstig tevoren in samenwerking met de verkeersleiding opge maakte vliegplannen, die in hun totaliteit een veilig en geordend verkeerspatroon ten doel hebben. Slechts indien uit de meldingen der vliegtuigen blijkt, dat de separatie-normen dreigen te worden aangetast, door welke oorzaak dan ook, dan grijpt de verkeersleiding in en geeft bijv. aan twee vliegtuigen, die op dezelfde hoogte elkaar te dicht zouden naderen, verschillende hoogten.

Het zal duidelijk zijn dat, èn door de tevoren in principe vastgelegde vliegbanen èn de eigen positiebepaling door de vliegtuigen, zowel het verzadigingspunt van de verkeersleiding als van de daarbij behorende communicatie aanzienlijk hoger ligt, dan bij de zgn. radar-verkeersleiding.

Na deze beperkingen van het gebruik van radar voor verkeersleiding te hebben vermeld, moet worden geconstateerd dat de toepassing van radar-verkeersleiding zeer zeker een aanzienlijke vooruitgang betekent en meer zal kunnen gaan betekenen naarmate door automatisering bovenbedoelde verzadigingspunten in gunstige zin verschoven kunnen worden.

Thans wordt radar bij de algemene verkeersleiding met uitstekend resultaat gebruikt om te „monitoren”, dat wil zeggen

om te controleren of de vliegtuigen zich inderdaad bevinden op de door henzelf opgegeven posities.

4. Gebruik van radar bij de naderingsverkeersleiding.

Behalve bij de eindnadering voor de landing, waar het zoals hiervoor opgemerkt, niet zozeer gaat om separatie tussen vliegtuigen onderling, doch om het uitvoeren van een veilige daling tot op de grond van vliegtuigen individueel, en verder bij het vliegen in de luchtwegen, alwaar toepassing van radar zeer zeker ook aanzienlijke voordelen heeft, komt het nut van radar-verkeersleiding wel zeer tot zijn recht bij de naderingsverkeersleiding (zie fig. 1) en het is daarom dat op de toepassing van radar bij dit onderdeel van de verkeersleiding meer in het bijzonder zal worden ingegaan.



Fig. 1.

Naderingsverkeersleiding te Schiphol. Op de achtergrond links de PAR-lessenaar.

De naderingsverkeersleiding is dat onderdeel van de verkeersleiding, dat het verkeer regelt van vliegtuigen, die van een bepaalde route komend, hun daalvlucht naar de luchthaven gaan uitvoeren. Daartoe is om iedere belangrijke internationale lucht-

haven een naderingsverkeersgebied ingesteld, waarop de luchtwegen uitmonden.

Het gebied waarin de naderingsverkeersleiding voor Schiphol wordt uitgeoefend is op onderstaand kaartje, fig 2, aangegeven.

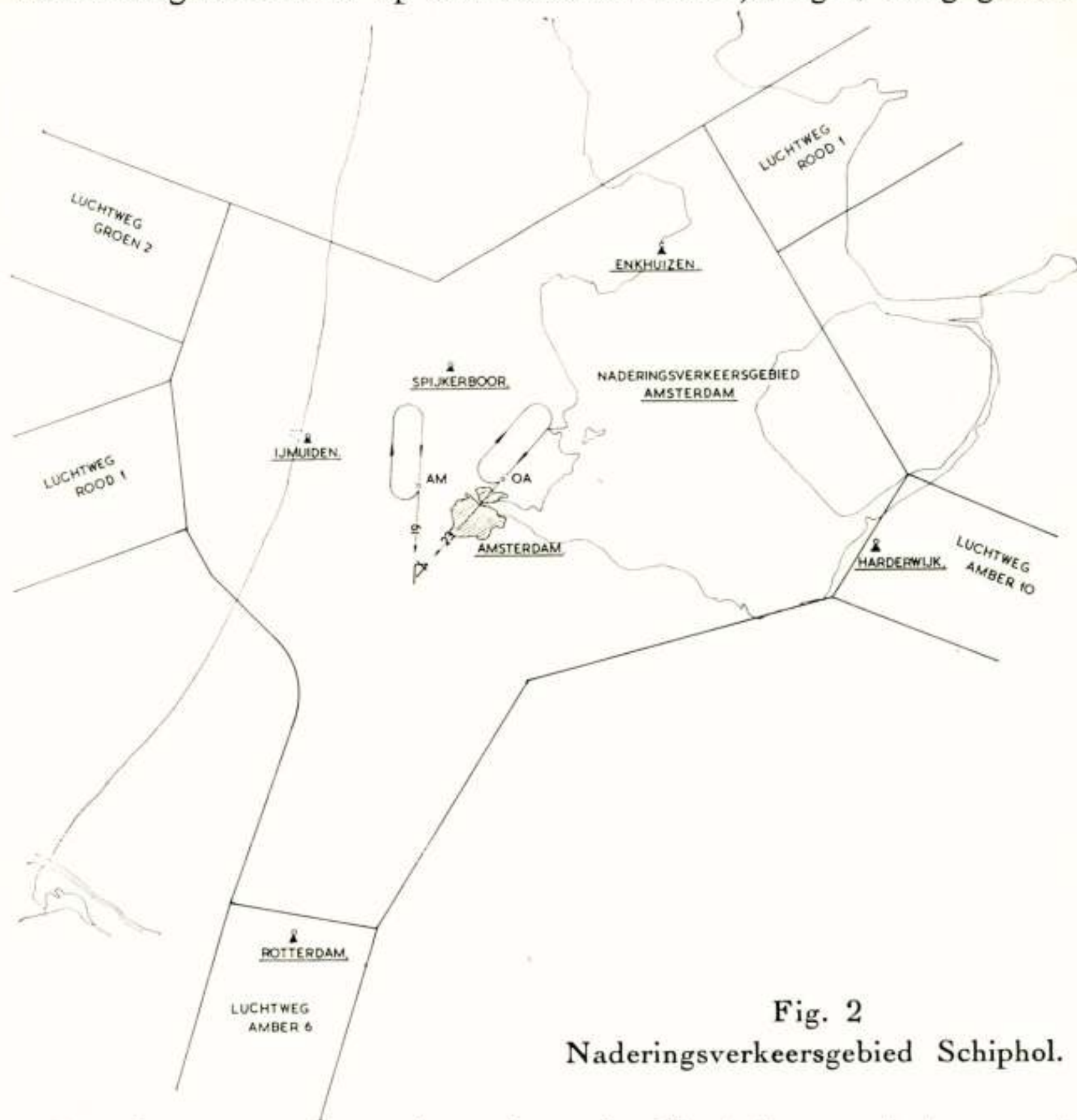


Fig. 2

Naderingsverkeersgebied Schiphol.

Bepalen wij ons tot de naderende vliegtuigen en laten we de vertrekkende vliegtuigen, die uiteraard ook in het verkeersbeeld moeten worden betrokken, doch die qua behandeling in een andere categorie vallen, buiten beschouwing, dan is de „conventionele” manier van binnenbrengen (dus zonder radar) onder slecht-zicht-omstandigheden de volgende:

De vliegtuigen die langs de verschillende luchtwegen zich in de richting Schiphol bewegen, begeven zich met behulp van hun radiokompas naar één der twee wachtbakens, Oscar Alfa, gelegen op 14 km vóór het begin van de slecht-zicht-landingsbaan 23 of Alfa Mike op 10 km vóór het begin van baan 19.

Boven deze bakens wordt door de vliegtuigen met een hoogteverschil van 300 meter een bepaald wachtpatroon, meestal in

de vorm van een „race-track” (zie kaartje naderingsverkeersgebied), beschreven en telkens wordt aan het onderste vliegtuig in de „stapel” gelegenheid gegeven te landen.

Uiteraard is het zich ophouden boven een wachtbaken niet aangenaam, noch voor de vliegtuigbestuurder, noch voor de passagiers, doch bovendien is het oneconomisch. Om dit laatste te begrijpen behoeft men zich slechts te realiseren, dat het vliegen met een vliegtuig van bijv. het type Super Constellation \pm f 3500 per uur kost.

Reeds dikwijls is getracht door het meer regelmatig verdelen van de aankomsttijden der vliegtuigen over de dag het opont-houd boven een wachtbaken zoveel mogelijk te vermijden.

Om verschillende redenen — waaronder bepaald gegronde — is dit nooit in afdoende mate gelukt.

Door de instelling van een afzonderlijke naderingsverkeersleiding, welke in ruime mate van de mogelijkheden van radar gebruik maakt, is de Rijksluchtvaartdienst er op Schiphol in geslaagd het ideaal in dit verband vrij behoorlijk te benaderen.

De vliegtuigen, die uit de luchtwegen komend Schiphol naderen, worden door de naderingsverkeersleiding „vóórgesorteerd” en op zodanige afstand achter elkaar gehouden dat een regelmatige stroom van vliegtuigen ontstaat, welke met zo kort mogelijke tussenpozen als de veiligheid toelaat op de in gebruik zijnde baan landen.

Hoe dit kan worden verwezenlijkt door het gebruik van radar zal getracht worden in het volgende duidelijk te maken.

5. Verkleinde separatie door gebruik van radar.

De vraag zal rijzen hoe, indien het verkeersbeeld op de luchtwegen onveranderd blijft en derhalve de tijden van aankomst geen reeks met regelmatige tussenruimten te zien geven, toch uiteindelijk een behoorlijk vloeiend verloop in de landingen wordt verkregen.

In de eerste plaats dient bedacht te worden dat de separatie tussen vliegtuigen, welke op dezelfde hoogte in de luchtwegen vliegen, vrij groot is, teneinde bij het gebruikte systeem te allen tijde een veilige afstand te bewaren. Deze separatie is namelijk 10 minuten vliegen, hetgeen voor een modern vliegtuig neerkomt op een afstand in grootte-orde van 40 zeemijl.

Door de grotere systeem-accuratesse bij gebruik van radar kan de horizontale separatie worden teruggebracht tot een aanzienlijk

kleinere waarde nl. minimaal 5 zeemijl tussen de onder controle staande vliegtuigen in het naderingsverkeersgebied.

Het zal duidelijk zijn dat daardoor een belangrijke oorzaak van wachten wordt weggenomen.

Verder kan met behulp van de radar aan de vliegtuigen worden opgedragen bepaalde patronen te vliegen, waarbij indien bij het volgen van de kortste vliegweg tussen vliegtuigen onvoldoende separatie (minder dan 5 zeemijl) zou optreden, c.q. de aankomsttijden op het punt van inzetten van de landing met elkaar in conflict zouden komen, bepaalde vliegtuigen een iets langere vliegbaan wordt voorgeschreven, zodat uiteindelijk de vereiste landingsintervallen worden verkregen zonder rondcirkelen boven een wachtbaken.

Weliswaar komt de economie bij de laatste methode even weer om de hoek kijken, doch het tijdverlies bedraagt door de vloeiend verlopende banen toch altijd veel minder dan bij gebruik van een wachtpatroon boven een soms enigszins uit de meest economische route gelegen wachtbaken zou resulteren.

6. Nauwkeuriger en vlotter radarverkeersleiding door gebruik van nieuwe hulpmiddelen.

Hoewel het vanzelf spreekt dat vooral de radar-verkeersleiding staat en valt met het beschikbaar zijn van bekwame en goed getrainde verkeersleiders, spelen de werktuigen waarover de verkeersleider de beschikking heeft uiteraard een grote rol bij het uiteindelijke resultaat.

Door het ontwikkelen van een nieuwe techniek is de mogelijkheid ontstaan om op het radarscherm tussen de normale radar-informatie additionele informatie in te voegen, zodat een gecombineerd beeld ontstaat.

Een en ander is verwezenlijkt door in plaats van draaiende afbuigspoelen voor de kathode-straalbuizen vaste spoelen toe te passen, waardoor de elektronenstraal geheel elektronisch wordt bestuurd, in plaats van gedeeltelijk mechanisch.

Hierdoor kan in de tijd tussen de radarpulsen, die de echo's op het scherm veroorzaken, allerlei informatie op het scherm worden gebracht, bestaande uit diverse lijnen en symbolen.

De presentatie van de fundamentele radargegevens wordt hierdoor niet in het minst beïnvloed.

Deze additionele informatie op het scherm komt tot stand door automatische schakeling van de ingang van het afbuigstelsel

van de radar-tijdbasis-informatie op afzonderlijk geproduceerde informatie (zie voor) gedurende de inter-echo periode. Een indruk van de te Schiphol gebezigde apparatuur wordt verkregen uit de figuren 3 en 4.

Voor de verkeersleiding geeft dit zeer grote voordelen. Het voornaamste voordeel is wel dat het op eenvoudige wijze mogelijk wordt er steeds het oog op te houden dat de vereiste separatie tussen de vliegtuigen behouden blijft.

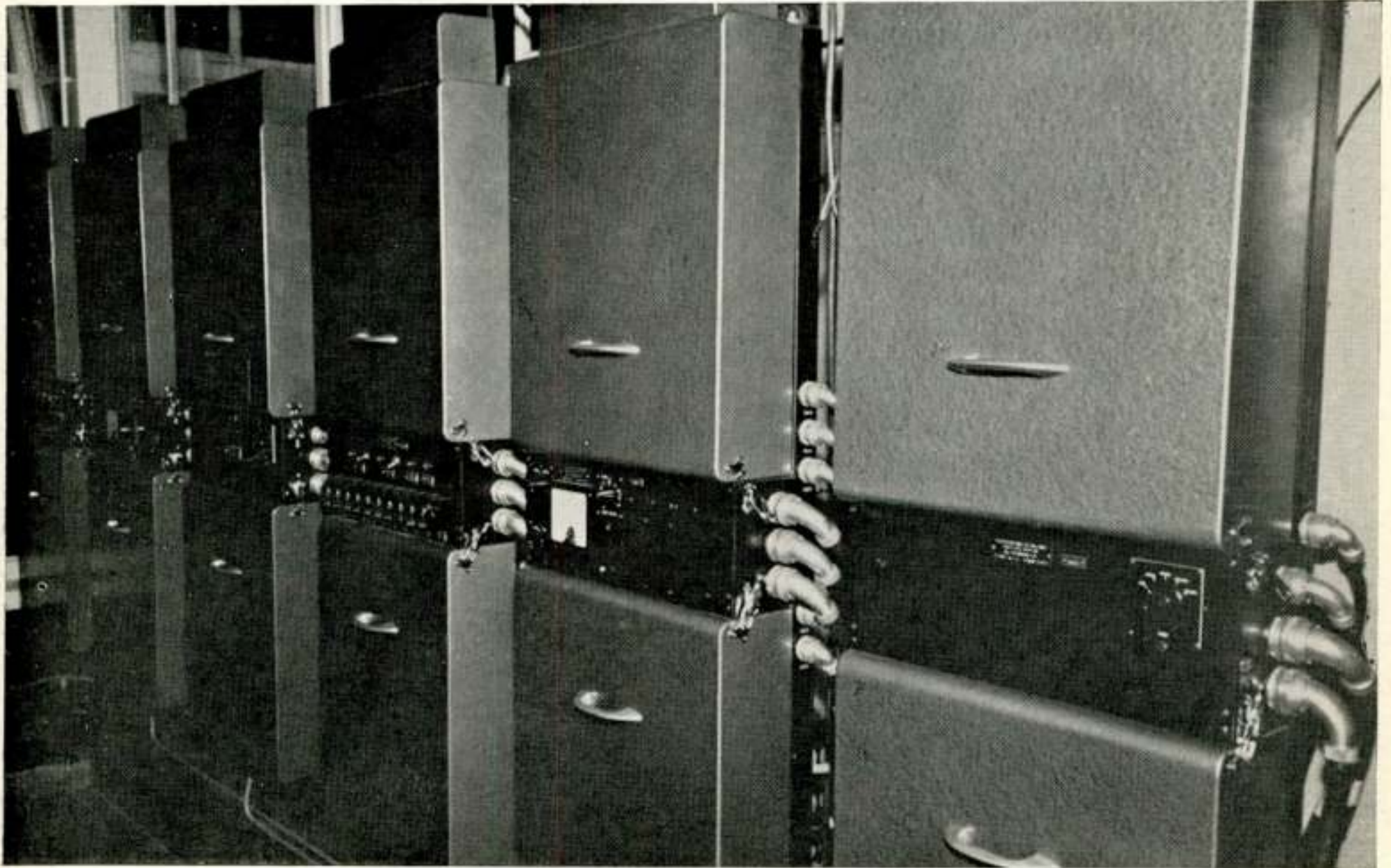


Fig. 3.

Interscanapparatuur op Schiphol.

Zo zijn op de radarschermen van de naderingsverkeersleiding de volgende additionele informaties beschikbaar:

- a. Lichtlijnen, waarmee te allen tijde peiling en afstand van de vliegtuigen tot elk willekeurig punt kan worden bepaald. Deze lichtlijnen worden door de verkeersleider manueel bediend. De onderlinge afstand en richting van twee willekeurige punten op het beeldscherm kunnen nauwkeurig worden gemeten.

De mogelijkheid bestaat bijv. om een gegeven opdracht aan een vliegtuig betreffende de te vliegen koers over een bepaalde afstand op de beeldbuis zichtbaar te maken, zodat

het nakomen van de opdracht te allen tijde kan worden gecontroleerd door na te gaan of de echo de lichtlijn volgt.

- b. Een lichtlijn welke ontleend wordt aan een automatische peilinstallatie.

Zodra een vliegtuig spreekt, verschijnt automatisch deze lijn op het beeldscherm; de lijn loopt door de echo, welke het sprekende vliegtuig op het scherm voorstelt, zodat hiermede een identificatie van het vliegtuig wordt verkregen.



Fig. 4.

Interscanapparatuur op Schiphol (eerste 3 kasten geopend).

- c. Lichtlijnen in het verlengde der landingsbanen.
Deze lichtlijnen zijn voorzien van elektronische afstandsmarkeringen en markering omtrent de plaats der in het verlengde der banen opgestelde radiobakens.
- d. Elektronisch geformeerde lichtcirkeltjes, welke over het beeld verplaatsbaar zijn en waaraan automatisch een zekere koers en snelheid kan worden gegeven.
Door een dergelijk cirkeltje om een vliegtuig-echo te leggen en koers en snelheid gelijk te maken aan die van het desbetreffende vliegtuig, kan de vliegtuig-echo, ook al zou deze door bepaalde oorzaken nu en dan wat minder duidelijk

zichtbaar worden, toch steeds door de verkeersleider zonder moeite in het totaalbeeld worden geëvalueerd.

Nadat een dergelijk cirkeltje een zodanige koers en snelheid is gegeven, dat het de desbetreffende echo blijft omgeven, kan de grondsnelheid en grondkoers van het vliegtuig op de apparatuur worden afgelezen. Ook de windinvloeden op de vliegbanen kunnen aldus worden vastgesteld.

Door de straal van de cirkel te variëren ontstaan de volgende mogelijkheden:

1e aanduiding horizontale separatie-minimum rondom een echo;

2e door de cirkel tot een punt terug te brengen (imitatie van een vliegtuig-echo) welke, zoals aangegeven, in richting en snelheid bestuurbaar is, wordt een bijzonder goed hulpmiddel ten behoeve van training en onderhoud van de vaardigheid van verkeersleiders verkregen.

N.B. Het punt b. staat uiteraard slechts in zijdelings verband met de praktische uitoefening der radarverkeersleiding.

e. Alleen voor gebruik bij vertrekkende vliegtuigen;

een waaier-patroon van vier lichtlijnen met een onderlinge hoek van 30° , uitgaande van het „take-off” einde van de banen, zodat men op gemakkelijke wijze op de radar kan constateren of vliegtuigen, die men zeer kort na elkaar laat starten, met een voorgeschreven koersverschil van 30° , inderdaad dit koersverschil handhaven. Zo nodig kan de verkeersleiding gemakkelijk de juiste instructies geven om deze laterale separatie te herstellen.

N.B. De toepassingsmogelijkheid genoemd onder e. is voorlopig in het systeem vervangen door een tweede „range and bearing”-lijn (zie a), waarvan het nut in dit stadium groter wordt geacht.

Het zal duidelijk zijn dat door toepassing van deze, door de als „interscan”, „inter-trace” of „inter-echo” betitelde techniek mogelijk gemaakte faciliteiten, de verkeersleider over uiterst waardevolle hulpmiddelen de beschikking heeft gekregen. Deze stellen hem in staat op veel doeltreffender en accurater wijze met het radarbeeld te werken dan tot dusverre het geval kon zijn.

Uiteraard zouden enkele van de bedoelde hulplijnen, voorzover ze althans een vaste plaats hebben, zoals de lijnen in het verlengde van de banen, ook met behulp van een „overlay” op het scherm kunnen worden verkregen.

De voornaamste voordelen van het elektronisch aanbrenge van ook deze lijnen zijn als volgt:

- a. Geen verwarrende veelheid van lijnen, die zowel voor het 6 zeemijl bereik als voor het 30 zeemijl bereik permanent over het beeld zouden liggen; thans worden slechts de lijnen, die nodig zijn voor een bepaalde situatie, zichtbaar gemaakt,
- b. Geen parallax.

Zoals niet te verwonderen is, heeft de installatie, die als eerste op de wereld in deze vorm te Schiphol het vorig jaar in gebruik werd genomen, een periode met enige „kinderziekten” doorgemaakt. Het bleek namelijk dat radarbeeld en interscan-beeld welke beide aan enig verloop onderhevig zijn, niet geheel synchroon verliepen, waardoor in het bijzonder bij de landingen met behulp van radar — waarover direct meer — de vliegtuigen bij de nadering van het begin van de baan, niet precies op de hartlijn werden geleid. Toen proeven bij goed zicht dit uitwezen werd besloten de installatie in het bijzonder met het oog op dit onderdeel te perfectioneren, hetgeen inmiddels zijn beslag heeft gekregen.

7. Z.g. P.P.I.-naderingen.

Zoals reeds in het voorgaande opgemerkt, is bij zeer slecht zicht het aangewezen hulpmiddel voor de landing het „Instrument Landing System” (ILS), bij voorkeur in combinatie met „Precision Approach Radar” (PAR).

Twee banen te Schiphol zijn uitgerust met deze hulpmiddelen; zij maken slecht-zicht-landingen mogelijk in Z.W. en Zuidelijke richting.

Is het zicht niet al te slecht, dan kan gebruik worden gemaakt van een vereenvoudigde en verkorte naderingsprocedure met behulp van de bovenomschreven naderingsradar.

Uiteraard is de nauwkeurigheid daarvan als landingshulpmiddel niet zo groot als de speciale landingsradar (PAR) doch de nauwkeurigheid is na de aangebrachte voorzieningen ruim voldoende om tot een bepaalde zichtwaarde de vliegtuigen zodanig voor de baan te brengen, dat zij met zicht gedurende het laatste gedeelte van de nadering de landing veilig kunnen uitvoeren.

Het voordeel van het gebruik van deze P.P.I. (Plan Position Indicator)-naderingen ligt in het volgende:

- a. elke baan en elke baanrichting kan worden gebruikt;
- b. er behoeft geen bepaald door radiobakens aangegeven traject te worden gevolgd.

Hierdoor kan dus, en wel speciaal in de laatste fase van de vlucht, wederom een besparing in vliegtijd door bekorting van het te vliegen traject worden verkregen, waardoor zoals gezegd de economie wordt gediend en het passagiers-comfort wordt verhoogd.

8. Samenvatting van de voordelen van het gebruik te Schiphol van radar „interscan”-hulpmiddelen voor het naderingsverkeersgebied.

De voordelen van het beschreven systeem kunnen als volgt worden samengevat:

- a. Maximale flexibiliteit in de voor te schrijven vluchtpatronen der vliegtuigen.
- b. De identificatie der vliegtuigen op het radarscherm wordt vergemakkelijkt.
- c. Beschrijven van wachtpatronen boven wachtbakens wordt zoveel mogelijk vermeden.
- d. Grotere economie voor de luchtvaartmaatschappijen door het voorkomen van vertragingen.
- e. Groter comfort voor de passagiers door het vermijden van wachtfiguren op betrekkelijk geringe hoogte met de daar soms aanwezige remous.
- f. Landingsmogelijkheid bij niet te slecht zicht op alle banen en niet alleen op de speciaal uitgeruste slecht-zicht-banen.

9. Radar geen universeel middel voor oplossing van alle luchtverkeersleidingsproblemen.

De zo nu en dan in de luchtvaartpers circulerende berichten dat de luchtverkeersleiding geheel en al met behulp van radar zou kunnen worden verricht en dat voor elke moeilijkheid waarvoor deze verkeersleiding komt te staan door de steeds toenemende aantallen vliegtuigen (zowel burgerlijke als militaire), zomede door de steeds toenemende snelheden en het steeds groter wordend hoogtegama van deze beide soorten vliegtuigen, de radar spelenderwijs een oplossing zou kunnen bieden als een soort wondermiddel voor alle kwalen, zijn door het voorgaande reeds in zekere mate als onjuist gekwalificeerd.

Het is aan te nemen dat de automatische „tracking radar” zoals voorzien in het SATCO project*) een universele gebruiksmogelijkheid van radar voor luchtverkeersleiding dichterbij zal

*) Zie blz. 14.

brenge en in elk geval het bovengenoemde verzadigingspunt van het systeem verder gunstig kan verleggen.

Overigens is het niet uitgesloten te achten, dat door ontwikkeling van nieuwe zeer nauwkeurige navigatie-systemen het mogelijk wordt, dat de vliegtuigen met zekerheid dusdanige flexibele en op betrekkelijk kleine afstanden van uit elkaar liggende patronen in het naderingsgebied kunnen vliegen, dat sturing van vliegtuigen door de grondorganisatie met behulp van radar niet meer nodig zal zijn. De bedoelde vliegpatronen zouden bv. met behulp van een code aan de vliegtuigen kunnen worden voorgeschreven en de grondradar zou zich kunnen beperken tot de taak van „monitoren”. De voordelen van een dergelijk systeem zouden zijn dat verzadiging van het systeem, met inbegrip van de communicatie, niet zo snel zou optreden. Ook psychologische factoren kunnen een rol spelen om aan het een of andere systeem voorkeur te verlenen; een vliegtuigbestuurder geeft er in het algemeen begrijpelijkerwijs de voorkeur aan zijn vliegtuig een door hemzelf visueel of aan de hand van boordinstrumenten waar te nemen route te doen volgen.

Dit is echter een terrein waarover zoveel te zeggen zou zijn, dat de voorgenomen omvang van dit artikel verre zou worden overschreden.

Om tenslotte deze beschouwing, wat betreft de radar-verkeersleiding, in strijd met de bedoeling, toch niet enigszins in mineur te doen eindigen, moge worden besloten met vast te stellen, dat deze methode van verkeersleiding aan het luchtverkeer zeer belangrijke diensten bewijst en dat het zeker niet in de lijn der verwachtingen ligt, dat dit systeem binnen betrekkelijke korte tijd door een nog weer betere en in wezen verschillende methode zal zijn achterhaald.

Immers voor het invoeren van een nieuw wereldwijd luchtvaartnavigatiesysteem zijn de volgende handelingen nodig:

- a. In internationaal overleg nagaan en vaststellen of er een dergelijk navigatiesysteem, hetwelk aan alle te stellen eisen voldoet, bestaat of kan worden gemaakt.
- b. Het gekozen systeem als standaard voor wereldgebruik aanvaarden (ICAO).
- c. Het plaatsen van de nodige installaties op de grond, alsmede aan boord van de wereldvloot der luchtvaartuigen.

Vooral dit laatste is niet iets, wat op korte termijn is te verwezenlijken.

Piezoelectric crystals for audio frequencies

by D. J. van Ooijen *)

Summary

A description is given of some constructional details and characteristics of three types of quartz vibrators having a flexural mode of motion.

1. Introduction.

In a piezoelectric crystal a mechanical mode of motion e.g. extension, torsion, shear or flexure is accompanied by electric charges on the surfaces of the crystal. With each mode of motion a series of so-called resonance frequencies is associated, which are determined by the relevant elastic constants and dimensions of the vibrator.

For low frequencies flexural modes are used, in order to avoid unpractically large dimensions of the resonator. In fig. 1 two flexural modes we are interested in are shown for a bar or rectangular plate having the dimensions of length (l), width (w) and thickness (t); $l > w > t$.

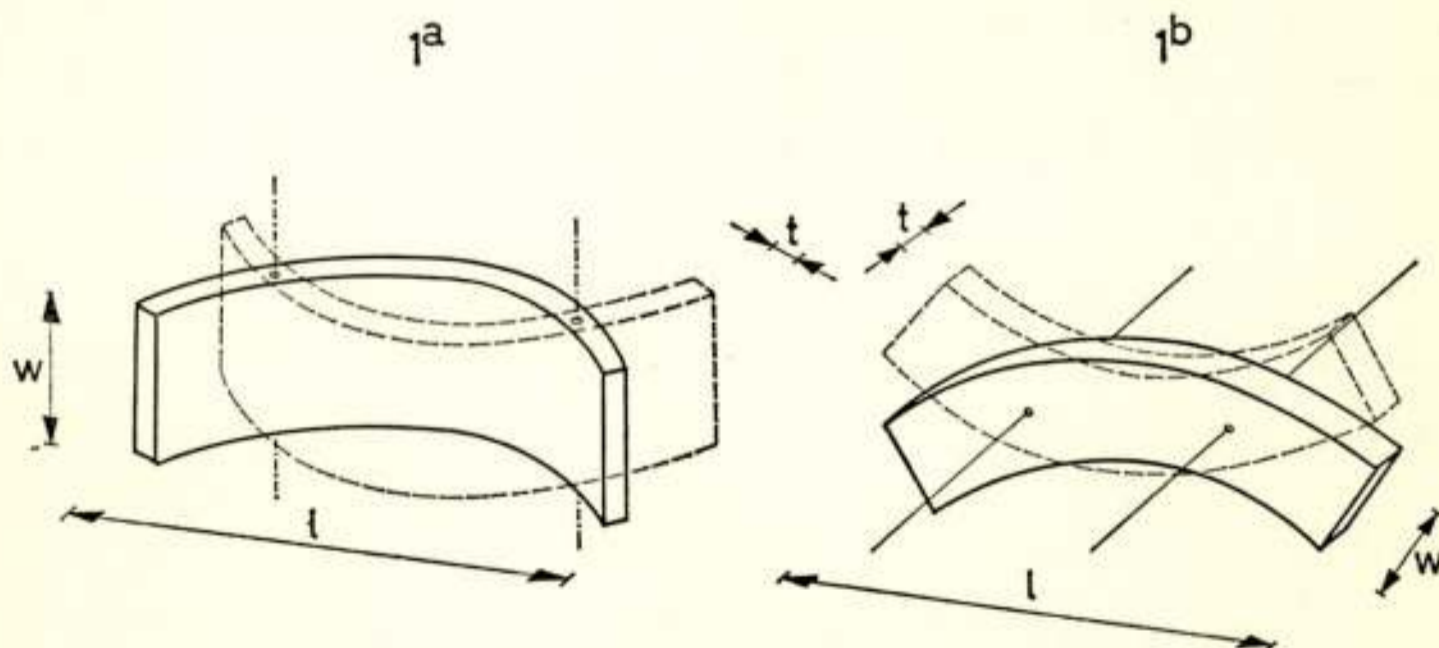


Fig. 1.

Two flexural modes of motion of a rectangular plate
 a. length-thickness flexure b. length-width flexure

In both cases the nodes are situated at a distance of $0.224 l$ from the ends. The dotted lines give the motion in the opposite phase.

*) Dr Neher Laboratory, PTT, Leidschendam.

The resonance frequency of the modes shown is given by $f = F_c \cdot t \cdot l^{-2}$ for the length-thickness flexure and by $f = F_c \cdot w \cdot l^{-2}$ for the length-width flexure; F_c contains, together with some numerical constants, also an elastic constant and has the dimension [kHz. mm], if f is expressed in kHz and l, w, t in mm. As is seen from the formulae, the frequency is in both cases inversely proportional to the square of the largest dimension (l), which results in a low value for f .

We will now show how a flexural mode of motion can be excited in a piezoelectric crystal. The adopted orientation of the xyz -axes with respect to the natural faces of the quartz crystal is shown in fig. 2.

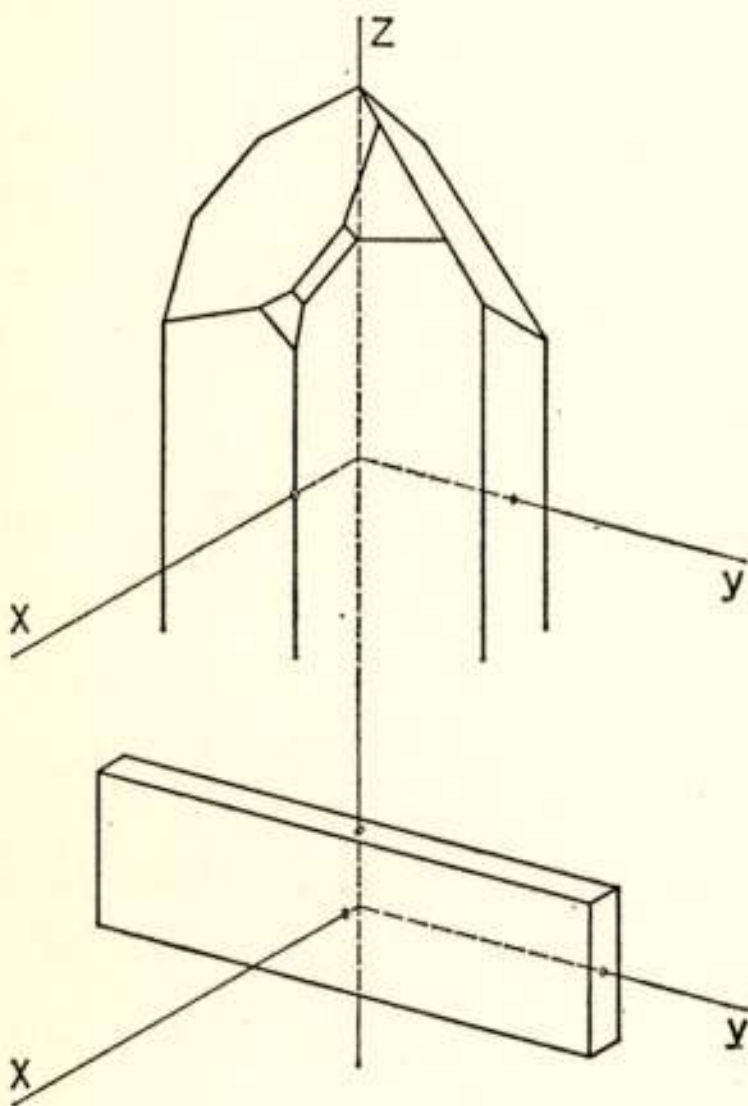


Fig. 2.

The orientation of the xyz -axes with respect to the quartz crystal. The bar shown is an X -cut.

We suppose a bar, having its major faces perpendicular to the x -axis, to be cut from the crystal. This cut is called an X -cut. Due to the piezoelectric effect the dimensions of the bar will change if an electric field (E) is applied along the x -axis. The dimension we are interested in, is the length of the bar in the direction of the y -axis. If the bar will expand when E is positive, then contraction will occur when E is negative.

This property can be used to excite a flexural mode of motion by an alternating electric field of the proper frequency in a crystal cut having a composite construction or a special arrangement of the

electrodes. Three types are discussed below.

1.1. Duplex-crystal.

Two X -cuts are cemented together by means of a very thin layer (< 0.01 m.m.) in such a way, that their z -axes coincide; their x - and y -axes, however, are in opposite directions, as shown in fig. 3. The front and back faces are covered with evaporated

gold electrodes. If an electric field is applied which is positive for the number 1 half and causes it to expand, then this field is negative for the number 2 half and causes it to contract.

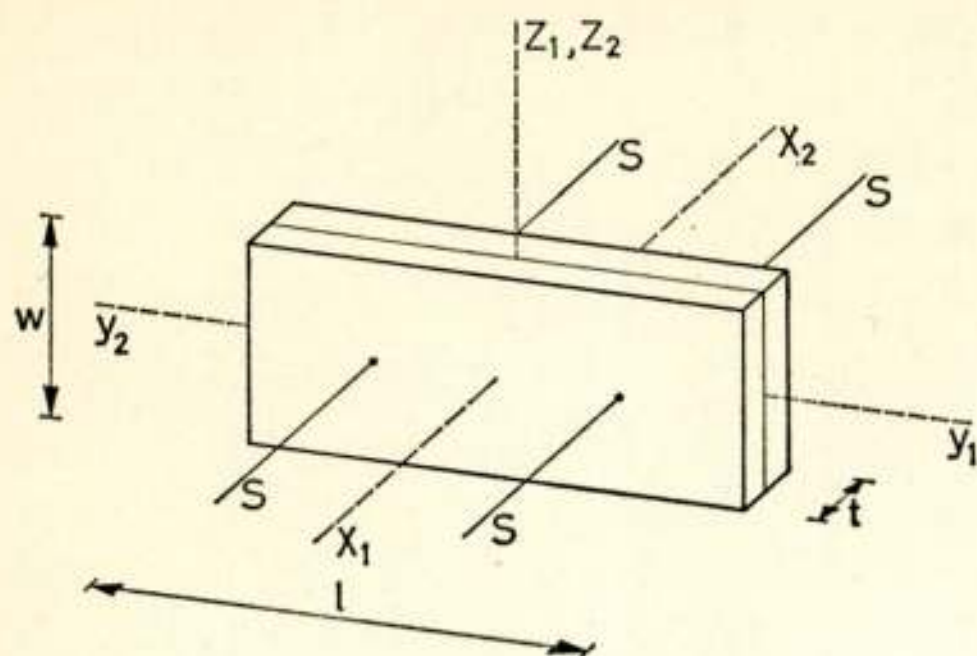


Fig. 3.

The duplex-crystal is composed of two identical X -cuts, one being rotated 180° about the common z -axis with respect to the other. The electric field is applied between the front and back faces and gives rise to a length-thickness flexure. The supporting wires are denoted by s .

negative for the number 2 half, which consequently will contract.

If the direction of the field is reversed, then the front half will contract and the back half will expand. It will be clear that in this way a length-thickness flexural mode, according to fig. 1a can be excited. The supporting wires are soldered on the nodes, situated $0.224 l$ from the ends*).

1.2. NT -crystal.

An X -cut type is covered with a special set of electrodes in such a way that the upper half of the crystal expands whilst

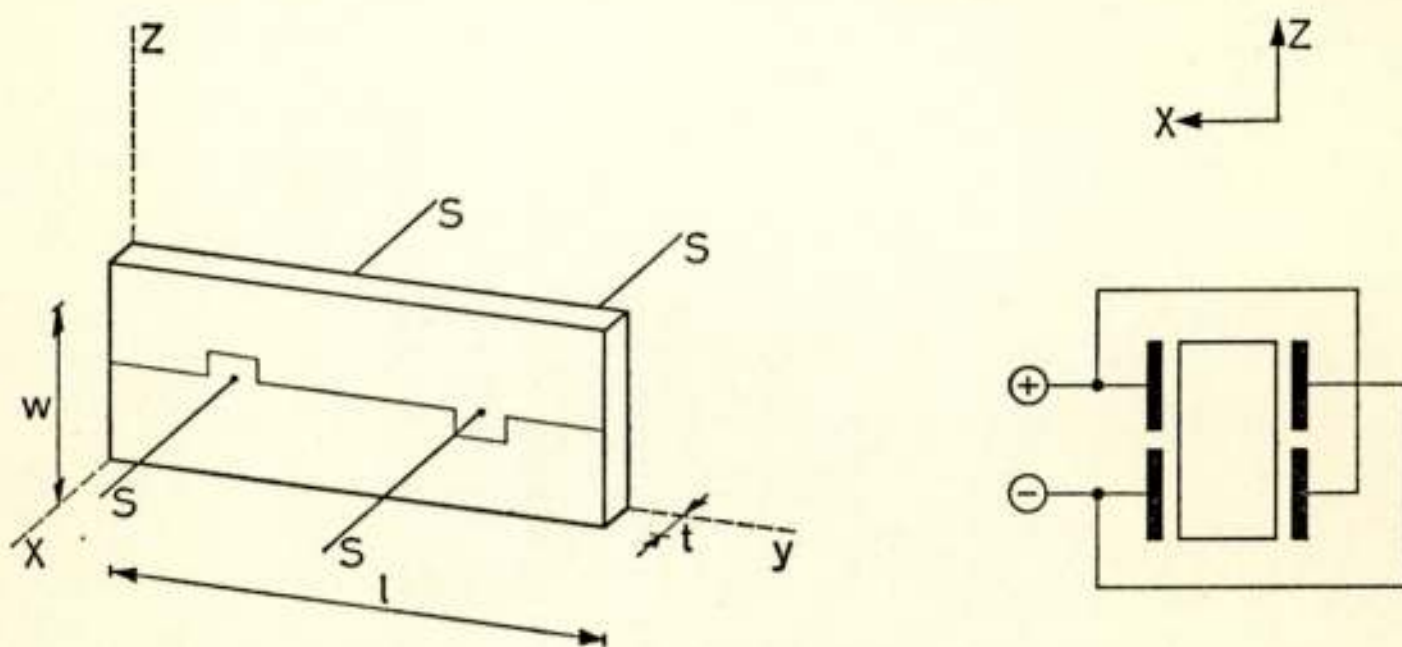


Fig. 4.

The electrodes of an NT -crystal are arranged in such a way that the electric field in the upper half of the crystal is always opposite to the electric field in the lower half. The two halves will therefore always move in opposite directions along the y -axis, which results in a length-width flexure. s = supporting wires.

*) See also: E. J. Post, Appl. Sci. Res. B1, 1950, pp. 168-180.

the lower half contracts and vice versa. This is shown in fig. 4.

The electrodes, being on the major faces, are divided along the length of the crystal into two halves. To each half a supporting wire is soldered at $0.224 l$ from the ends. The wires are interconnected according to the diagram of fig. 4. In this way the electric field in the upper half of the crystal is always opposite to the field in the lower half. It is easily understood that in this way a length-width flexural mode according to fig. 1b can be obtained.

1.3. Von Beckerath-crystal.

An X -cut bar is covered with electrodes in such a way, that the electric field along the x -axis in the front half of the crystal is opposite to the electric field in the back half, see fig. 5. The field inside the crystal is as shown schematically in fig. 5, and

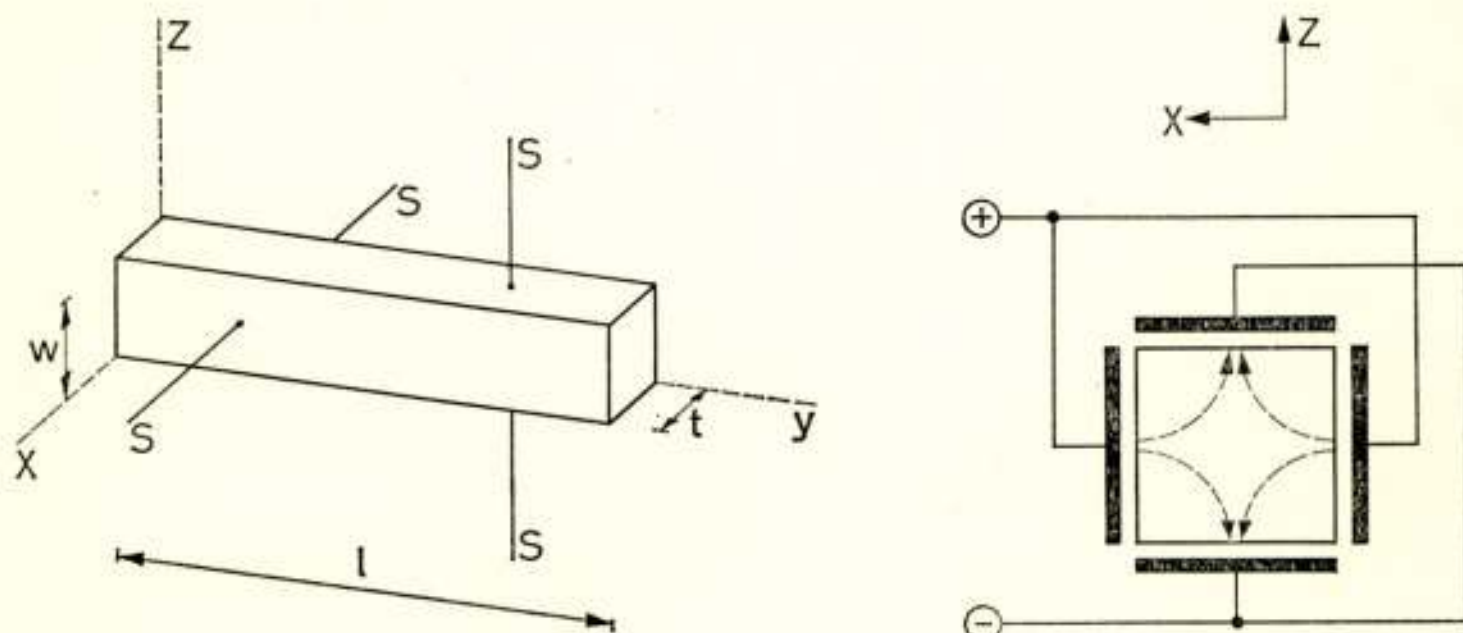


Fig. 5.

The four electrodes of a von Beckerath-crystal give rise to a piezoelectrically acting field along the x -axis changing its direction halfway the crystal. The motion of the front half is therefore always opposite to the motion of the back half. In this way a flexure in the xy -plane is obtained. $s =$ supporting wires.

can be dissolved into two components respectively E_x along the x -axis and E_z along the z -axis. Only the action of E_x has to be considered, as in quartz the z -direction is not piezoelectrically coupled. As is easily seen from the figure, E_x is zero halfway the crystal and opposite in the front and back halves. This results in a flexural mode of motion equal to that of the duplex-crystal; see fig. 1a.

2. Types manufactured.

The crystal types manufactured are listed with their dimen-

sions in table 1. In all cases the frequency is determined by the formulae given in the introduction, a value of about 5800 kHz mm being applicable for F_c . This value is slightly affected by rotation of the crystalcut about the x - or y -axis. In order to reduce the temperature coefficient of the frequency all crystals are rotated 5° about the x -axis, whilst the NT -crystal is rotated 50° about the y -axis also.

For the crystals dealt with here, special precaution has to be taken to minimize the coupling between the crystal plate and the frame in order to obtain the highest possible Q . The supporting wires, connecting the crystal to the frame of nickel bars and mica spacers, are in all cases mounted on nodes of the crystal motion. However, as can be deduced from the figures 1, 3, 4 and 5 the wires of the duplex-crystal are bent by the crystal motion, the wires of the NT -crystal are torsioned by the crystal motion, whilst the wires on the yz -faces of the von Beckerath-crystal are bent, as on the duplex-crystal and the wires on the xy -faces are torsioned, as on the NT -crystal. Thus the wires can not be regarded to be at rest at all. Consequently the frame will be excited by the wires, unless the length of the wires is chosen in a proper way so that a standing wave is formed on the wire, having a node at the place where the wire is soldered to the frame.

If, in analyzing the vibration of the supporting wire, the soldering place on the crystal is considered to be a nodal point, then it can be shown that for the bending motion of the wires on the duplex-crystal, the next node on the wire is at a distance of 13.5 mm from the crystal plate, a frequency of 2400 Hz and a phosphor bronze wire of 0.2 mm diameter being chosen. Minimum damping of the crystal is thus to be expected if the length of the wires is equal to 13.5 mm. The diameter of the completely assembled element, however, mounted according to this principle would amount to about 30 mm, being unpractically large.

As the crystals had to be mounted into a glass envelop (type B9A), having an internal diameter of 18.5 mm, a different construction had to be used. This is described below for the three types of crystals made.

2.1. *Duplex-crystal.*

By bending the wires at a short distance from the crystal plate, a mode of motion can be obtained as is shown in fig. 6.

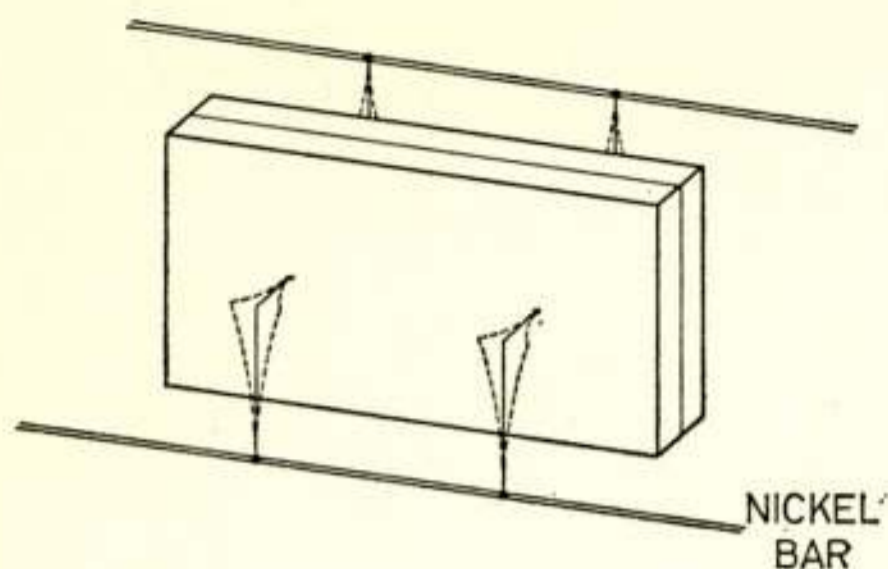


Fig. 6.

The supporting wires of the duplex-element are bent near the crystal plate. The length between the bend and the nickel bar is tuned to the crystal frequency. The dotted lines indicate the motion of the wires.

In this case a node is formed at about only 8 mm from the bend, the latter being an antinode. The distance of 8 mm is small enough for the purpose envisaged. By varying the distance of the nickel bar to the bend, it was checked experimentally that the damping of the crystal was a minimum indeed at about 8 mm; see fig. 7. If the nickel bar is soldered in the neighbourhood of an

antinode, at about 15 mm, the damping grows to large values.

2.2. *NT-crystal.*

As the wires of this crystal are forced, by the crystal, into a torsional motion, instead of a bending motion as in the duplex-crystal, this case is entirely different. However, the torsion can be transformed into a bending motion if the wires have a form as sketched in fig. 8. The wire is bent on two places, enclosing the critical length that must be tuned to the crystal frequency. The mode of motion of this length is as indicated in fig. 8, having a node at each end.

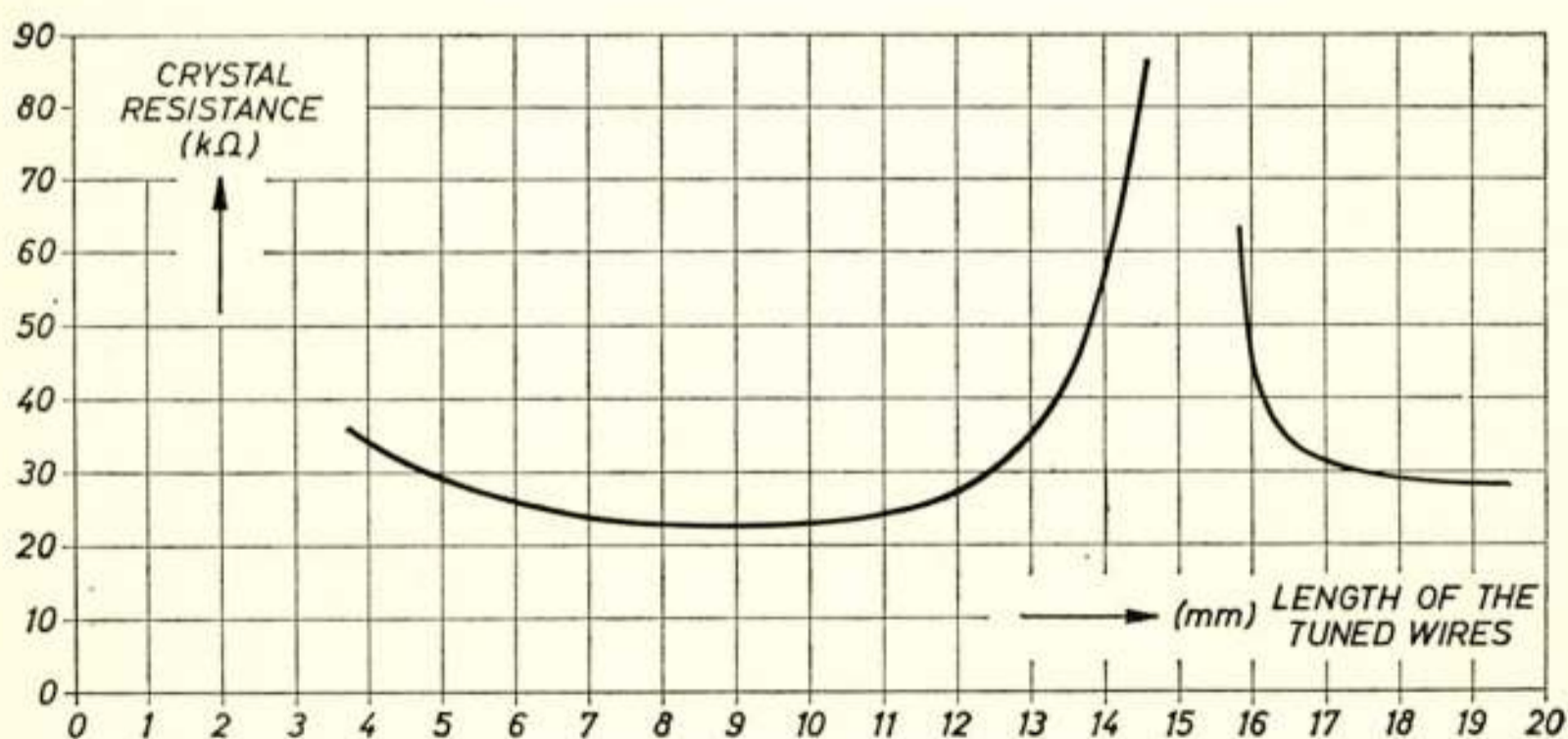


Fig. 7.

The resistance (or damping) of a 2400 Hz duplex-crystal at series resonance, as a function of the length of the bent supporting wires. The resistance has a minimum value at the theoretical length of 8 mm.

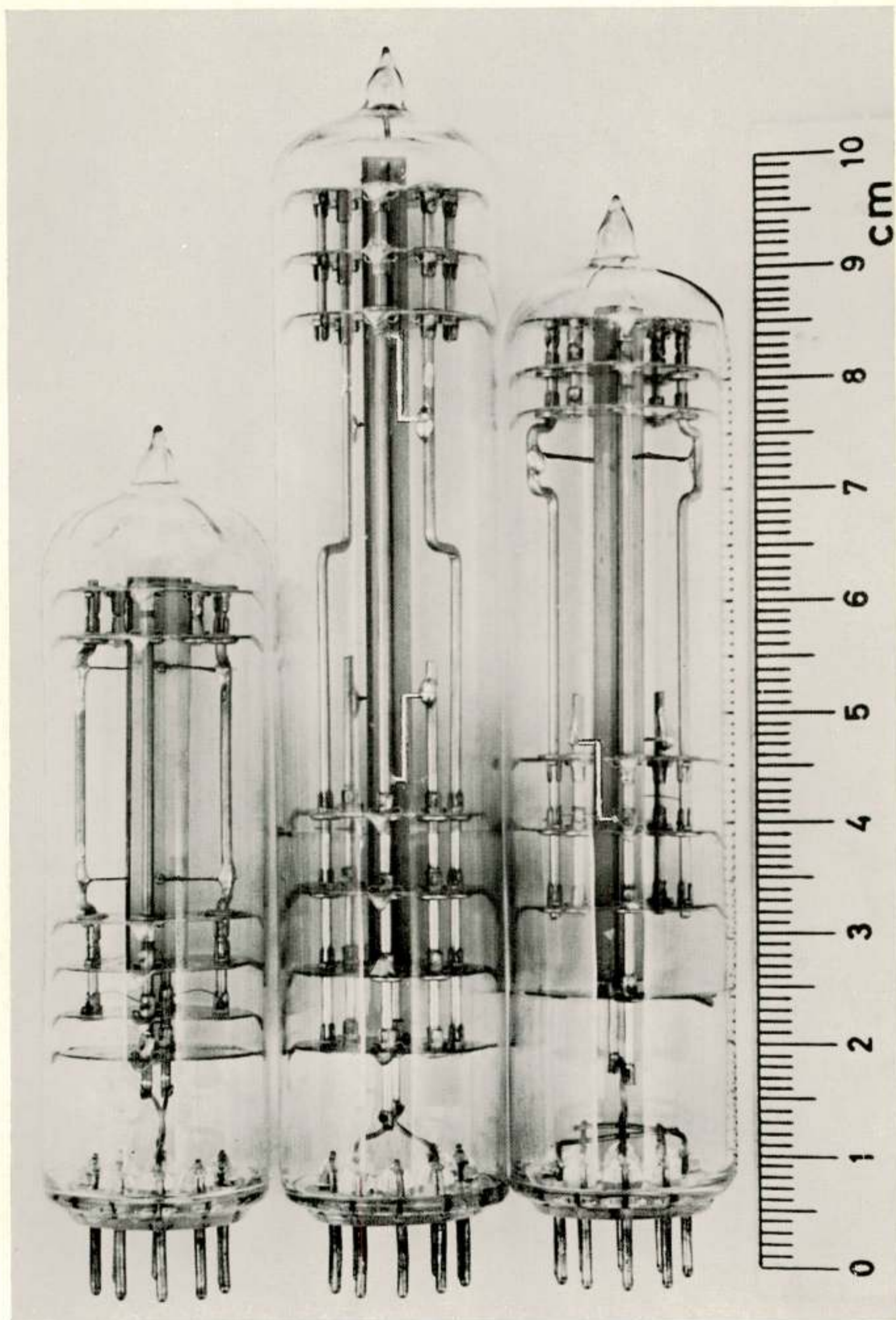


Fig. 9.

From left to right are shown a 4800 Hz duplex-, *NT*- and von Beckerath-crystal. The supporting wires on the upper half of the von Beckerath-crystal are as on the duplex-crystal; the wires on the lower half are as on the *NT*-crystal.

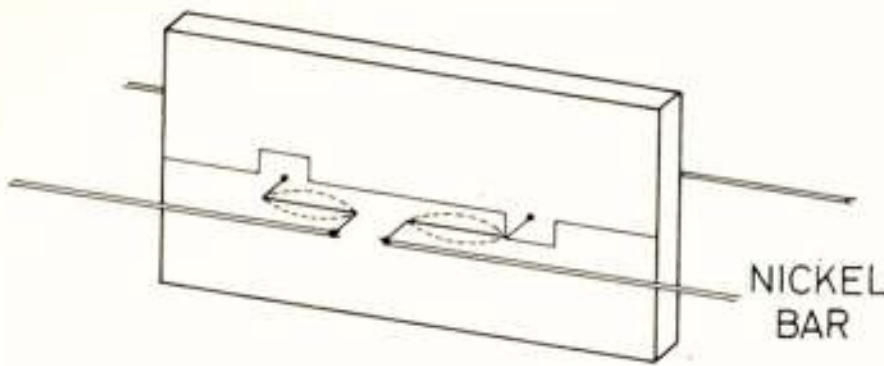


Fig. 8.

The supporting wires of the *NT*-crystal are bent near the crystal plate and near the nickel bar. The mode of vibration of the tuned length between the bends is shown by the dotted lines.

3. Some characteristics of the elements.

The equivalent circuit of a piezoelectric resonator for frequencies in the neighbourhood of the resonance frequencies is given in fig. 10. The elements of this circuit have been measured and are listed in table 1.

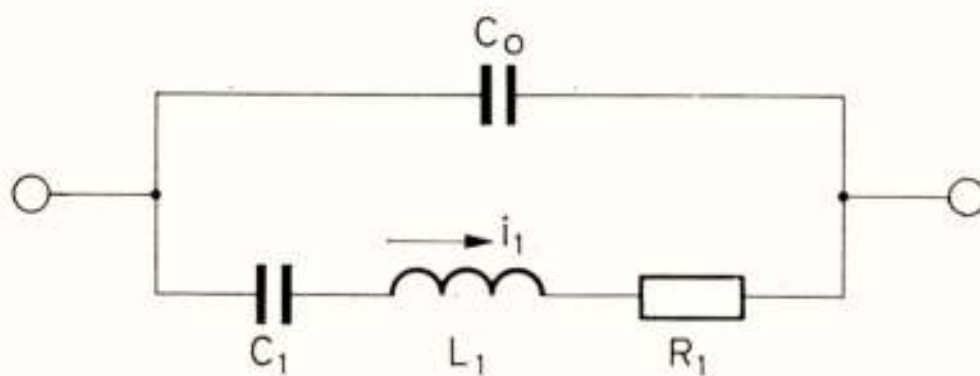


Fig. 10.

The equivalent circuit of a piezoelectric resonator.

C_0 static capacitance

C_1, L_1 determine the series resonance frequency by $\omega_s = 2\pi f_s = (L_1 C_1)^{-\frac{1}{2}}$

R_1 series resistance at series resonance. Arises nearly entirely from the mounting losses.

$Q = \omega L_1 \cdot R_1^{-1}$, quality factor

i_1 piezoelectric crystal current

2.3. Von Beckerath-crystal

This crystal needs little discussion, as the solution here is a combination of the foregoing cases: the wires on the *yz*-faces are treated as on the duplex-crystal and the wires on the *xy*-faces as on the *NT*-crystal.

The three completely mounted crystals for 4800 Hz are shown in fig. 9.

are listed in table 1.

It must be noted that due to a marked variation of the series resistance of the crystals with the value of the (piezoelectric) crystal current i_1 , only a mean value of R_1 and of Q is given in table 1. The variation has been measured as a function of i_1 up to the maximum allowed safe resonator current, quoted in table 1 and being about 20% of the value where breakage will occur due to mechanical overloading

by the piezoelectric effect. The variation which amounts sometimes up to a factor 2 or 3 has a different character for the three types dealt with here. Its nature is rather complicated.

The parallel capacitance C_0 is measured from pin to pin on the base of the completely mounted elements, so that the capacitance of the frame and base is included in the value given.

Type	Dimensions		Freq.	Q 20°C	R_1 20°C	L_1	C_0	Temperature for maximum frequency	Safe resonator current i_1	
	l mm	w mm								t mm
duplex-crystal	50	7,1	1,0	2400	39000	24	62000	11	+15	40
duplex-crystal	35	6,0	1,0	4800	44000	18	26000	12	+12	50
<i>NT</i> -crystal	71	4,2	1,0	4800*)	26000	40	34000	19	- 8	75
<i>NT</i> -crystal	71	4,2	3,1	4800	150000	25	130000	13	+10	75
Von Beckerath crystal	70	2,0	2,0	2400	78000	35	108000	32	- 5	17
Von Beckerath crystal	60	3,5	3,0	4800	110000	8	28000	30	+45	50

*) A 2400 Hz *NT*-crystal has not been made because of its relatively large dimensions

TABLE I

The temperature dependence of the series resonance frequency has been measured from -40°C up to about $+80^{\circ}\text{C}$. In all cases a parabolic function was found. The temperature for maximum frequency is given in table 1. This temperature is influenced by several factors, including the dimensions of the crystal, as is shown by the two *NT*-crystals, differing only in thickness, but having temperatures of -8°C and $+10^{\circ}\text{C}$ respectively.

NAVO-BEURZEN

De Noordatlantische verdragsorganisatie stelt voor 1959 enige beurzen beschikbaar ten behoeve van *doctorandi* of *doctores* uit de faculteiten der *wis- en natuurkunde* en *Delftse ingenieurs*, die reeds enige ervaring hebben op researchgebied. Deze beurzen zijn bestemd voor wetenschappelijke onderzoeken aan universiteiten, laboratoria of andere wetenschappelijke centra in een van de NAVO-landen (België, Canada, Denemarken, W.Duitsland, Engeland, Frankrijk, Griekenland, Italië, Luxemburg, Nederland, Noorwegen, Portugal, Turkije, de Verenigde Staten en IJsland) of bij uitzondering in andere landen. De duur van de beurzen kan variëren van enkele maanden tot een jaar. De bedragen worden per geval bepaald, waarbij rekening gehouden kan worden met een gezinstoelage voor getrouwde onderzoekers, indien en voor zover het salaris van de bursaal tijdens zijn afwezigheid niet zou worden doorbetaald.

De selectie van de kandidaten geschiedt door een door de Organisatie Z.W.O. ingestelde commissie.

Men kan zich voor deze beurzen aanmelden bij de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek, Lange Voorhout 60, 's-Gravenhage. Na ontvangst van de aanmelding wordt een aanvraagformulier toegezonden. Getracht zal worden de beslissing over een aanvraag binnen twee maanden na ontvangst van het formulier bekend te maken.

De administratie en de uitbetaling der beurzen geschiedt door de Organisatie Z.W.O.

HET PHILIPS PAVILJOEN OP DE EXPO 1958

Het Philips paviljoen op de Expo 1958 heeft sterk in de belangstelling gestaan. Dit leidde o.m. tot veel navraag om nadere, bij voorkeur gedetailleerde gegevens.

Hierin is aanleiding gevonden, de artikelen die over dit paviljoen in de verschillende nummers van het Philips Technisch Tijdschrift zijn verschenen, te bundelen.

Deze uitgave, die in de boekhandel verkrijgbaar is voor f 2,—, bevat de volgende bijdragen:

- Y. Xenakis: Het architectonische ontwerp van Le Corbusier en Xenakis voor het paviljoen.
- C. G. J. Vreedenburgh: De Hypparschaal en zijn mechanische eigenschappen.
- A. L. Bouma en F. K. Ligtenberg: Het modelonderzoek voor de bouw van het paviljoen.
- H. C. Duyster: De constructie van het paviljoen in voorgespannen beton, alsmede drie artikelen betreffende de verwezenlijking van het elektronisch gezicht:
- L. C. Kalff: De Lichteffecten.
- W. Tak: De Geluidseffecten.
- S. L. de Bruin: De Elektronische besturing.

NIEUWE UITGAVEN

De redactie ontving de volgende nieuwe uitgaven:

Electrotechniek 1, uitgegeven door J. Noorduyn & Zonen.

Tube and Semiconductor selection Guide 1958/1959.

Handleiding ten behoeve van de opleiding voor de VEV examens, deel 11. Electronica, Materialen, Onderdelen en Meetinstrumenten (voorlopige uitgave).

Deze boeken zullen in een der volgende nummers besproken worden.

PROTON SYNCHRO-CYCLOTRON VOOR L'UNIVERSITÉ DE PARIS

In de eerste helft van december zijn met het door Philips voor de Faculté des Sciences van de Université de Paris ontworpen en gebouwde proton synchrocyclotron voor 150 miljoen elektron-volt, dat het stadium van zijn voltooiing nadert, zeer opmerkelijke technische resultaten verkregen. Met behulp van het voor dit cyclotron ontworpen afbuigstelsel slaagde men er in, een protonenbundel *buiten* het cyclotron te produceren ter grootte van tien percent van de interne bundel.

Dat dit resultaat ten volle verdient opmerkelijk genoemd te worden kan blijken uit het feit, dat bij de enkele cyclotrons ter wereld waarmede zulk een externe bundel is te verwezenlijken — dat van Liverpool en van Moskou — het percentage resp. 3 en 5 bedraagt, terwijl een dergelijk cyclotron te Berkeley in Californië slechts een bundel leverde die 0,1% van de oorspronkelijke bundel bedroeg.

Het brengen van de protonenbundel buiten het cyclotron betekent een belangrijke vergroting van de wetenschappelijke toepassingsmogelijkheden van het apparaat.

Het grote synchro-cyclotron is opgebouwd buiten Parijs, in Orsay, waar ten behoeve van de Faculté des Sciences in de Ecole Normale Supérieure een groot onderzoekingscentrum wordt ingericht. Dit centrum, dat voor wat de grootte van het complex betreft te vergelijken is met het CERN te Genève, wordt een van de grootste natuurwetenschappelijke centra in Europa. Behalve het synchrocyclotron krijgt het centrum ook nog de beschikking over een grote lineaire elektronen-versneller.

De opdracht welke vier jaar geleden aan Philips werd verstrekt omvatte ontwerp en constructie van een synchro-cyclotron, dat aan protonen een energie van 150 miljoen elektron-volt zou kunnen toevoeren. Het moest een cyclotron zijn van een progressief type, waarbij de bundel protonen afgebogen moest worden en buiten het cyclotron gebracht.

Op het moment waarop deze opdracht werd verstrekt was de eis, een buigstelsel in te bouwen, een hele opgave, die toen nog vrijwel niemand had weten te verwezenlijken. Het was dus een terrein waarop pionierswerk te leveren viel.

In januari 1955 werd met ontwerp en constructie begonnen. In juni 1958 werd het apparaat, voor wat de interne bundel betreft, opgeleverd. Nadat het werk tijdens de vakantieperiodes had stilgelegen, werd in het najaar met het inbouwen van het afbuigstelsel begonnen.

Bij het cyclotron in Liverpool gebruikt men daarvoor een stelsel, dat naar zijn twee hoofdelementen het Pecler-Regenerator System wordt genoemd. Dit stelsel werd door de heer Le Couteur mathematisch geanalyseerd. Bij verder onderzoek kwam vast te staan, dat met een regenerator kan worden volstaan.

Wil men een bundel deeltjes door afbuiging buiten een cyclotron brengen, dan is de kunst de deeltjes, als zij in de nabijheid van de buitenrand van de polen komen, in een magnetisch kanaal te krijgen. Daartoe wordt de regenerator gebruikt. Deze veroorzaakt horizontale oscillaties van de ongeveer spiraalvormig in de versnellingskamer opgerolde bundel, waardoor de buitenste windingen van de spiraal verder uit elkaar komen. Hierdoor kan de bundel voorbij de binnenste kanaalwand in het kanaal treden. In dit kanaal is het magnetisch veld veel zwakker. Dientengevolge wordt de kromtestraal van de baan van de deeltjes veel groter, zodat de bundel deeltjes de versnellingskamer van het cyclotron kan verlaten. Nadat de bundel door een magnetisch lenzstelsel gefocuseerd is, kan een afbuigmagneet haar afbuigen in een richting die 20° links of rechts van de oorspronkelijke na elkaar met meerdere meetopstellingen kan werken.

Reeds direct waren de resultaten zeer gunstig. Bij de eerste experimenten kon er $\pm 7\%$ van de interne bundel naar buiten worden gebracht. Nog gunstiger werd het na verdere experimenten, want op 11 december werd uit Orsay bericht, dat men de „oogst” zelfs had weten op te voeren tot méér dan 10%. De hoogste waarde van het bedrag dat men naar buiten weet te brengen is 0,8 micro-ampère. Een resultaat, dat uniek genoemd mag worden.

Men verwacht dat het cyclotron in de loop van januari 1959 in zijn geheel zal kunnen worden opgeleverd.

Boekbespreking

Constructie en onderhoud van industriële apparaten door P. van der Ploeg, 1958, Philips Technische Bibliotheek populaire reeks. Formaat 15 x 20,5, 116 blz., 22 figuren, 33 foto's, prijs f 4,90.

Dit boekje behandelt de constructie-details van het industriële elektronische apparaat bij zijn ontwikkelingsgang van laboratoriumproef via prototype tot productiemodel. Daarna volgen nog enige hoofdstukken over het in bedrijf stellen, het onderhoud en het opheffen van storingen.

De bedrijfs- en onderhoudstechnici zullen hierin talrijke goede wenken kunnen vinden voor storing zoeken, doch vooral voor het zelf construeren van apparaten waarbij dikwijls door over het hoofd zien van eenvoudige zaken of onbekendheid met de eigenschappen van toegepaste materialen of onderdelen een overigens goed apparaat onbruikbaar wordt.

De behandelde stof wordt met vele foto's en tekeningen toegelicht.

S.

Het ontwerpen van versterkers door ir. S. J. Hellings: 1958. Uitgegeven door de Muiderkring N.V. Bussum, Nederland. Formaat 16 x 23,5, 198 blz., 267 figuren. Prijs f 7,50.

Dit boekje is ontstaan uit de bundeling van een aantal voor amateurs geschreven tijdschriftartikelen, waarin de schrijver het ontwerpen van laagfrequent-versterkers behandelde.

Hierbij zijn een achttiental uitgewerkte ontwerpen van versterkers van 4 tot 50 watt opgenomen.

De theorie is zeer eenvoudig gehouden en behandelt hoofdzakelijk tegenkoppeling en toonregeling.

We betwijfelen echter of degenen die dit boekje gebruiken voor het bouwen van versterkers voldoende inzicht in de grondbeginselen zullen hebben om zelf dit te volgen.

S.

„Multivibratorschakelingen“ door A. H. Bruinsma. 1958. Philips Technische Bibliotheek. Formaat 15 x 20,5, 80 pagina's, 41 figuren. Prijs f 4,90.

„Praktische robotschakelingen“ door A. H. Bruinsma. 1958. Philips Technische Bibliotheek. Formaat 15 x 20,5, 133 pagina's, 53 figuren. Prijs f 6,90.

Hoewel deze beide in de populaire reeks van Philips Technische Bibliotheek verschenen boekjes geen onverbreekelijk geheel vormen lijkt ons een gezamenlijke bespreking mede gezien de ondertitel van het eerste: „Inleiding in de robottechniek“ alleszins gerechtvaardigd.

Deze inleiding handelt voor het grootste gedeelte (58 blz.) over de multivibratorschakeling en zijn mogelijkheden. De schrijver doet dit op eenvoudige duidelijke wijze. In een tweede hoofdstuk worden enige toepassingen voor vensterbuizen gegeven.

Het tweede boekje bevat naast enige algemene principes van robotschakelingen de volledige documentatie van een tweetal voor demonstratie-doeleinden vervaardigde robots nl. de hond Cyber en de stationaire robot, waarmee het spelletje boter, kaas en eieren kan worden gespeeld.

De hierbij toegepaste schakelingen kunnen mogelijk dienen ter verkrijging van het nodige inzicht in het praktisch gebruik van multivibratorschakelingen. Mede gezien het eenvoudige gehalte van de boekjes geloven we dat ze in een zekere behoefte voorzien.

De uitvoering is zoals men van werkjes in deze prijsklasse mag verwachten.

K

International Electronic Tube Handbook, 1958. Uitgegeven door: „De Muiderkring” N.V. Bussum. Formaat 12 x 22 cm, 384 blz. Prijs f 7,50.

Dit boekje bevat in beknopte vorm de belangrijkste gegevens van de meest gebruikte elektronenbuizen en transistoren. De buissoorten zijn gerangschikt in 8 hoofdgroepen (dioden, trioden, enz.) die aangegeven worden d.m.v. een kleurband. Tevens werd een alfabetische index van buistypen opgenomen. De buisgegevens zijn verwerkt in een voor de betreffende buis karakteristieke schakeling, hetgeen snelle oriëntering mogelijk maakt.

De verklarende tekst is in diverse talen, waaronder de Nederlandse, gesteld.

Het boekje is ingebonden in een soepele plastic band en ziet er goed verzorgd uit.

v. B.

CORRECTIE OP Nr. 6, 1958

In Nr. 6 van de vorige jaargang staat op pagina 329, eerste regel: Internationale Konferentie over millimetergolven informatietheorie. Dit moet zijn: Internationale konferentie over netwerk- en informatietheorie.

Uit het Nederlands Radiogenootschap



PROF. Dr. C. E. MULDER

Met ingang van 1 januari 1959 is de secretaris van ons Genootschap dr. C. E. Mulders benoemd tot gewoon hoogleraar in de afdeling elektrotechniek aan de Technische Hogeschool te Eindhoven, om onderwijs te geven in de meet- en regeltechniek.

Mulders is op 1 december 1914 te Koewacht (Zeeuwsch Vlaanderen) geboren; hij liep de H.B.S. te Rotterdam af en studeerde aan de Universiteit te Leiden Natuur- en Scheikunde. In juli 1937 deed hij zijn doctoraal examen Wis- en Natuurkunde.

Direct hierna is Mulders in dienst gekomen bij het, onder het Ministerie van Defensie ressorterende Laboratorium voor Fysische Strijdmiddelen te Waalsdorp. Hij heeft daar o.a. gewerkt aan onderwerpen op het gebied van ultra-akoestiek en magnetostrictie (onderwater signalering). In 1940 werd dit laboratorium door de bezetter opgeheven; Mulders werd toen — tijdelijk — te werk gesteld bij het Staatsbedrijf der PTT en wel bij het Laboratorium voor Telegrafie en Telefonie.

Na de bevrijding in 1945 ging Mulders weer terug naar het Ministerie van Defensie, doch kort daarop, nl. in februari 1947, werd hem de functie aangeboden van Chef van het Natuurkundig Laboratorium van de PTT, een onderdeel van het toen juist opgerichte Centrale Laboratorium der PTT (thans Dr. Neher-laboratorium). Op deze plaats was hij tot op heden werkzaam.

In juni 1950 is Mulders te Delft gepromoveerd tot doctor in de Technische Wetenschappen. De titel van zijn proefschrift was: „Ultra-sonore nagalmetingen in vloeistoffen”. Promotor was prof. dr. R. Kronig terwijl het experimentele deel van het werk uitgevoerd werd bij prof. dr. ir. C. W. Kosten.

Behalve op het gebied van de ultra-akoestiek, waarvoor Mulders, zoals uit het hiervoor vermelde blijkt, reeds van ouds belangstelling had, heeft hij zich gedurende de tijd dat hij Chef van het Natuurkundig Laboratorium der PTT

was, bezig gehouden met akoestische onderwerpen en met het onderzoek van elektrische onderdelen, van magnetische materialen en van half geleiders, terwijl gedurende de laatste vier jaren ook onderwerpen op het gebied van de hoogvacuumtechniek en de piëzo-elektriciteit zijn speciale aandacht hadden.

Mulders is een wetenschappelijke kracht met bijzondere nevenkwaliteiten, iemand die niet alleen zijn vak beheerst, maar die bovendien de gave heeft zijn kennis aan anderen te kunnen overdragen. Ieder die wel eens in de gelegenheid is geweest een voordracht van Mulders bij te wonen, zal getroffen zijn door de eenvoudige en tegelijk bijzonder heldere wijze waarop hij over moeilijke onderwerpen spreekt.

Wij wensen onze secretaris van harte geluk met zijn benoeming en spreken daarbij de hoop uit dat zijn nieuwe werkring hem veel bevrediging moge schenken.

PROF. Dr. BALTH. VAN DER POL

Het Bestuur van het Nederlands Radiogenootschap wil niet onvermeld laten dat het oudste erelid van het N.R.G., Prof. Dr. Balth. van der Pol op 27 januari j.l. 70 jaar werd. Gaarne bieden wij Prof. van der Pol hierbij onze hartelijke gelijkwensen aan. *)

EXAMENS

Verslag van het examen voor radiotechnicus en radiomonteur gehouden in het najaar 1958.

De schriftelijke examens voor radiotechnicus en radiomonteur werden gehouden op 13 en 21 oktober 1958.

De mondelinge examens vonden plaats op 21, 24, 25 november, 1, 2, 10 en 11 december 1958.

Het resultaat van het examen is hieronder vermeld.

		SCHRIFTELIJK			
		deelge- nomen	vrij- stelling	afge- wezen	
radiotechnicus		159	—	97	
radiomonteur		211	—	107	
		MONDELING			
	niet opgekomen	deelge- nomen	afge- wezen	her- examen	geslaagd
radiotechnicus	—	62	31	5	26
radiomonteur	1	103	30	9	65
		HEREXAMEN			
		deelgenomen	afgewezen	geslaagd	
radiotechnicus		17	2	15	
radiomonteur		7	—	7	

*) Voor een levensbeschrijving van Prof. v. d. Pol zie men Deel 19, no. 1, pag 1 (1954).

RADIO-ELEKTRONICUS N.R.G. EXAMEN

Enige tijd geleden (zie Tijdschrift N.R.G. No. 5 van 1958) werd aangekondigd dat het in de bedoeling lag een nieuw N.R.G.-examen in te stellen. Het niveau van dit examen zou liggen aanzienlijk boven dat van Radiotechnicus N.R.G.; het werd toen genoemd „Hoger-elektronicus N.R.G.”.

Inmiddels is het Bestuur gebleken dat de naam Hoger-elektronicus ook elders gebruikt wordt. Teneinde verwarring te voorkomen is daarom besloten de naam van het nieuwe examen te wijzigen; het zal voortaan heten: „Radio-elektronicus N.R.G.”.

Deze naamswijziging heeft overigens geen enkele invloed op de exameneisen; deze blijven ongewijzigd.

NIEUWE LEDEN

Ir. J. H. van der Boorn, Karel de Grotelaan 155, Eindhoven.
 Ir. H. Hermsen, Goudenregenstraat 65, Den Haag.
 Ir. J. Kaashoek, Mimosalaan 17, Eindhoven.
 C. A. M. Lammerts, Steenzicht 29, Den Haag.
 G. J. Lubben, Boerhavelaan 30, Eindhoven.
 Prof. dr. Ir. J. G. Niesten, Kochlaan 9, Eindhoven.
 Ir. J. K. Zuidweg, Hagenkampweg 198, Eindhoven.

NIEUWE LEDENLIJST

U wordt vriendelijk verzocht te willen controleren of Uw naam, adres en titel geheel juist vermeld zijn in de bij dit nummer gevoegde ledenlijst. Mocht dit niet het geval zijn, wilt U dit dan aan de secretaris, Prof. dr. C. E. Mulders, Veldmaarschalk Montgomerylaan 461, Eindhoven, opgeven?