

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 40 (1949)
Heft: 17

Artikel: Premier résultats d'essais de stratovision aux Etats-Unis d'Amérique
Autor: Aubort, E.J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056411>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

form for the distribution of medium and long wave broadcast inputs and the television distribution described above. The general sending-end arrangement used is shown in Fig. 6 and is self-explanatory.

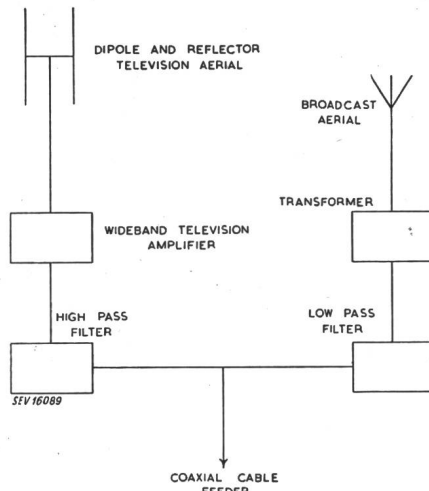


Fig. 6
Combined Television and Broadcast Aerial System
General sending-end arrangement

Where such arrangements are in use, it is usual to connect the aerial terminal of the subscriber's broadcast receiver to the concentric cable through a 750 Ω resistance and connect a small condenser which presents high impedance to the medium and long wave broadcast signals, in series with the subscriber's television set aerial terminal.

It will be noted that no wide band amplifier is shown in conjunction with the broadcast aerial as this is not necessary at sites where strong broadcast signals are available but such an amplifier could be included between the aerial and the low pass filter if necessary.

Conclusions

A system has been developed and is in commercial operation in London giving subscribers the equivalent of a television aerial, and also combined with a medium and long wave broadcast aerial. This system is particularly suitable for closely populated areas where reception conditions may be difficult and even the siting of aerials may be difficult or impossible. The system has been developed to cater for the highest density of population that can be expected. The system can be further extended by interconnection with longer lines and direct connection to the television studios so as to deliver direct to subscribers television programmes from the studios.

Acknowledgements

The author wishes to record with thanks permission received from Central Rediffusion Services Limited to disclose this information, which is the result of development by that Company. The author also wishes to thank Messrs. H. J. Barton Chapple, B. Sc., M.I.E.E., M. Brit. I.R.E., of the Engineering Division of Central Rediffusion Services Ltd., and R. I. Kinross, A.M.I.E.E., Chief Engineer of London Rediffusion Service Ltd., who have been mainly responsible for this development and who have assisted in the preparation of this paper.

Address of the Author:

P. Adorian, M.I.E.E., M. Brit. I.R.E., Chairman, Central Rediffusion Services, Ltd., Carlton House, Lower Regent Street, London, S. W. 1.

Premiers résultats d'essais de Stratovision aux Etats-Unis d'Amérique

Par Ed. J. Aubort, Zurich

621.397.5 : 629.135

I. De l'idée aux premiers essais de stratovision

C'est le 23 juin 1948, peu après l'annonce de la Conférence Internationale à Zurich, qu'ont eu lieu les premières démonstrations publiques des possibilités de la stratovision. L'auteur a eu le privilège de se trouver à Pittsburgh ce jour-là où l'avait attiré, non pas la télévision, mais une invitation à visiter ce centre de l'électrotechnique américaine et en particulier les laboratoires et les fabriques de la Westinghouse Electric Corporation.

Comme la Presse de ce jour exposait au public de Pittsburgh les origines et les résultats des premiers essais de stratovision, nous avons rassemblé les résultats pour vous en informer.

Un jeune ingénieur, Edward Nobles, entraît peu après ses études en 1939 à l'usine de Baltimore où la Westinghouse Electric développe et fabrique son matériel d'électronique. Spécialiste en radar et télévision, Nobles eut, fin 1944, l'intuition des possibilités que donnerait l'avion pour porter très haut dans le ciel l'antenne radiante de télévision. Il obtint de ses chefs l'appui nécessaire pour réaliser son idée à Baltimore même.

C'est la réalisation de ce projet que nous allons exposer, car il est probable que l'idée en elle-même n'était pas neuve et que d'autres ont voulu utiliser des ballons pour retransmettre des ondes radioélectriques. On s'est même servi d'avions pour faire les relais entre une place de sport éloignée, par exemple, et l'émetteur de télévision situé quelque part dans une grande ville.

La fig. 1 montre le principe de la stratovision. Reçu du sol, le programme est retransmis par un ou plusieurs avions sur une surface au moins 20 fois supérieure à celles que chaque émetteur pourrait normalement desservir, permettant à la population de participer à la vie théâtrale, non seulement dans quelques grandes villes, mais aussi dans les villages et fermes reculées des montagnes. L'avion lui-même peut servir de relais et permettre à d'autres avions la radiodiffusion d'images et de

sons sur tous les territoires où la densité de population est suffisante pour justifier ce service. Ces avions se relaient pour assurer un service continu, même en cas de panne, puis rentrent au prochain point d'attache en survolant les zones orageuses.

II. L'avion des premiers essais

En transportant l'antenne d'émission et l'émetteur sur un avion qui vole dans un petit cercle à une grande altitude et hors de notre vue, mais sans qu'il y ait d'obstacles entre

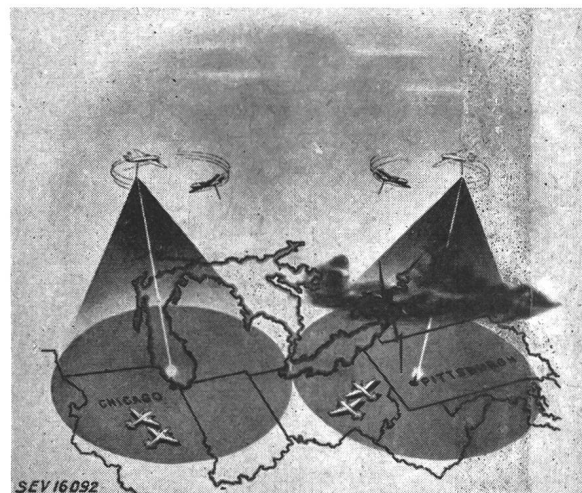


Fig. 1
Retransmission des programmes

Volant bien au-dessus des nuages orageux, un ou plusieurs avions, qui reçoivent du sol les programmes de télévision, les retransmettent

lui et nos antennes, Nobles crée un cône radioélectrique dont le diamètre de base sur la terre atteint plusieurs centaines de kilomètres. Il supprime ainsi cet obstacle à l'expansion de la télévision, que représente la limite de 50 à 80 km qu'un émetteur resté à terre ne permet guère de dépasser, ce qui, hors des grandes villes de plusieurs millions d'habitants, limite par trop le nombre des intéressés possibles.



Fig. 2

Premier avion d'essais combinés de Westinghouse Electric Co. et Glenn L. Martin Co., du type B-29

L'antenne d'émission est munie de deux dipôles horizontaux, et les antennes de réception sont visibles au-dessus du gouvernail

L'avion-laboratoire, développé en collaboration par la Westinghouse Electric Co. et la Glenn L. Martin Co., est visible à la fig. 2. C'est un B-29, capable d'emmener plusieurs tonnes de matériel et un équipage qui se compose actuellement de 3 aviateurs et de 6 ingénieurs, équipe que l'on pense réduire à un total de 6 hommes, lorsque les essais seront terminés.

C'est avec cet avion que Nobles a fait la première démonstration publique en juin 1948. Un programme de télévision, émis à Philadelphie, put être retransmis par un avion volant à 400 km de là, près de Pittsburgh, Pennsylvanie, et fut reçu sans perturbation à terre à 300 km de Pittsburgh, dans l'Ohio, au total donc à 700 km entre le studio et l'écran du récepteur, avec pour seul relais un avion volant à 8200 m d'altitude.

III. La télévision sans avion-relais

Quelles sont les autres possibilités actuelles d'atteindre avec un même programme un grand nombre d'abonnés ?

Un câble coaxial, entre les 2 grands centres de spectacles des Etats-Unis, soit New-York et Hollywood, coûterait avec les extensions nécessaires vers Chicago et Boston, de même qu'en direction sud, au moins 100 millions de dollars.

L'emploi d'émetteurs à ondes guidées situés sur de hautes tours se renvoyant leurs rayons tous les 50 km a été non seulement proposé, mais essayé; il faudrait une cascade de 100 émetteurs et de 100 récepteurs à bandes larges, avec tous les inconvénients que cela comporte, pour relier les 2 côtes des Etats-Unis. Or, même par l'emploi combiné du câble coaxial et des relais à ondes guidées, les plans les plus optimistes prévoient d'alimenter 110 émetteurs au sol. Si ces 110 émetteurs au sol peuvent encore donner un champ électrique utile de quelques centaines de $\mu\text{V/m}$ à 60 km de distance, ils couvriront chacun une surface de 12 000 km^2 , soit dans leur ensemble environ 1 310 000 km^2 , à peine le 14% de la surface des Etats-Unis.

IV. La Stratovision

Portons au contraire l'antenne émettrice à plusieurs kilomètres au-dessus de la terre et voyons comment l'horizon s'élargit en fonction de l'altitude (fig. 3).

En volant entre 7000 et 8000 mètres d'altitude, un avion dessert un territoire d'au moins 600 km de diamètre, soit 20 fois plus que la surface du territoire desservi par l'émetteur

de télévision resté au sol. D'autre part, les essais prouvent qu'en élevant l'antenne la quantité d'énergie nécessaire à donner au sol un signal d'intensité définie est fortement réduite.

En effet, on peut d'une part concentrer l'énergie sur le cône vers la terre, et d'autre part diriger les antennes des récepteurs vers l'avion ce qui diminue l'influence des réflexions d'ondes,

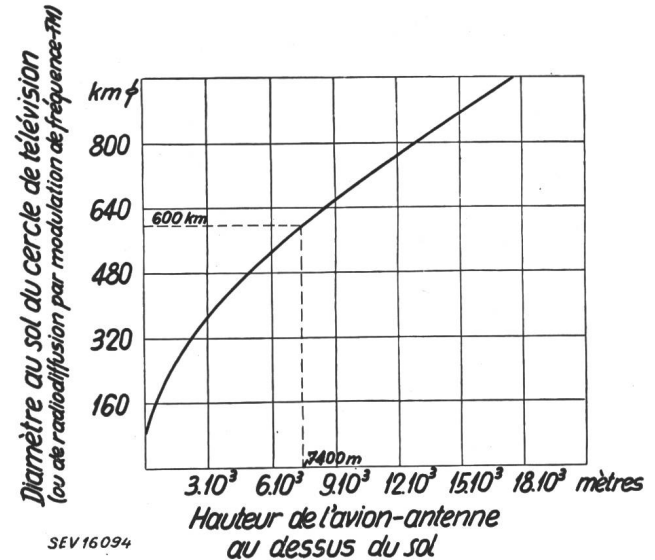


Fig. 3

Augmentation du diamètre utile de stratovision pour un avion qui s'élève de 3000...12 000 mètres d'altitude

et enfin par l'emploi de contre-poids ou de blindage on peut rendre les antennes moins sensibles aux radiations secondaires qui seraient proches. Tous ces avantages peuvent être obtenus sans rendre les antennes de réception mobiles, comme il a fallu le faire dans certaines grandes villes où l'on distribue plusieurs programmes de télévision.

V. Dispositions de l'avion pour les premiers essais

Voici à la fig. 4 comment les émetteurs et les récepteurs étaient répartis dans la carcasse de l'avion: à droite, le contrôle de l'image reçue et de l'image émise, puis un pupitre de contrôle acoustique, 3 armoires avec les récepteurs, émetteurs de sons et redresseurs, et, de l'autre côté de la cabine, l'émet-

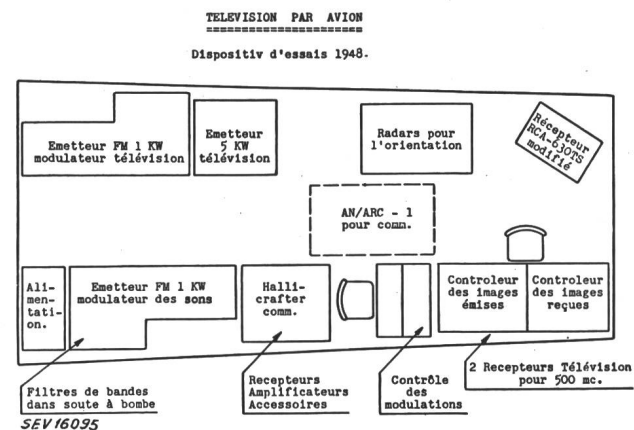


Fig. 4

Dispositif des émetteurs, des récepteurs et des services auxiliaires dans la cabine du premier avion d'essais de stratovision

teur d'images, un récepteur de télévision et les appareils auxiliaires de navigation. Un mât émetteur d'une longueur d'environ 8 mètres et le mât récepteur, porteur de dipôles horizontaux circulaires, sont visibles au-dessus du gouvernail (fig. 2). Cela paraît tout simple, mais nous ne décrivons pas les

obstacles qu'il a fallu vaincre: réduction des dimensions des émetteurs adaptés à la carcasse de l'avion, construction d'antennes spéciales, luttés contre les vibrations et l'échauffement de la cabine, qui, par les pertes des émetteurs, eût atteint une température de 59°C même si la température extérieure était de moins 25°C, nécessitant par conséquent un dispositif de climatisation effectif et léger.

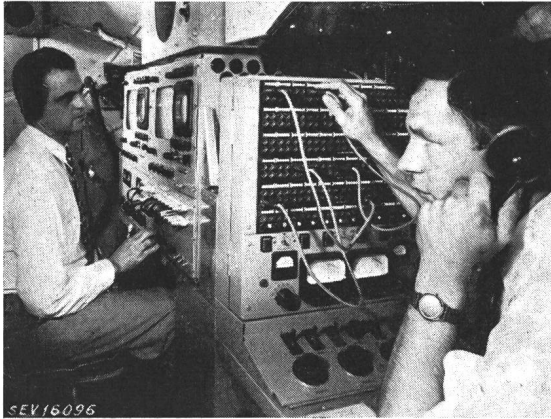


Fig. 5

Intérieur de l'avion

E. Nobles au réglage de la télévision (à gauche) et son collaborateur réglant le son (à droite)

La fig. 5 donne une idée de la manière dont le matériel est disposé dans l'avion d'essai; aux deux moniteurs d'images: l'ingénieur Nobles et au réglage du son, son collaborateur constructeur des émetteurs de télévision.

VI. Programmes et résultats des essais

On sait que, pour assurer la réception de télévision, on admet des champs de l'ordre de grandeur de 5000 $\mu\text{V}/\text{m}$ en villes perturbées et de 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ dans les campagnes. A la suite de ses essais, Nobles cherchera à diminuer l'énergie de ses émetteurs au minimum nécessaire pour assurer à plusieurs millions d'auditeurs un champ d'au moins 500 $\mu\text{V}/\text{m}$.⁴ Il s'agit en effet de ne pas déranger les autres émetteurs de télévision, qui se trouveraient hors de la portée attribuée à l'avion, car on ne veut, à titre de principe, que toucher les antennes recevant l'onde directe, afin de rendre les récepteurs



Fig. 6

Portées des premiers essais de stratovision à partir de Pittsburgh, Etats-Unis

indépendants des interférences et des distorsions que causeraient les ondes réfléchies.

De nombreux essais d'intensité de champs pour différentes fréquences au-dessus et en-dessous de 100 Mc. et des observations des variations de ces champs en fonction des formes d'antennes, de la vitesse de l'avion et du genre de polarisation ont été effectués sur les porteuses avec ou sans modulations et seront publiés ultérieurement. Le résultat principal est que la portée utile d'un avion volant à l'altitude de 8000 m dépasse 800 kilomètres de diamètre au sol.

A la suite des essais préliminaires, des programmes de télévision furent relayés sur le canal 82...88 Mc. Les résultats d'observations sont parvenus de 270 villes situées dans 10 Etats, qui entourent Pittsburgh. La retransmission de Philadelphie à Pittsburgh et de là sur l'Ohio, dont nous parlions au début de notre exposé, a été faite à une hauteur de 8200 mètres, ce qui explique que les portées ont dépassé les 300 km prévus comme rayon d'action normal.

Nous avons porté au tableau I les résultats d'observations obtenus en particulier à la limite du cône d'émission et numérotés de A à I.



Fig. 7

Extrapolation des portées obtenues à Pittsburgh à la carte de l'Europe en supposant la stratovision réalisée par un avion survolant Zurich

Si nous portons ces résultats d'observations sur la carte représentant les environs de Pittsburgh (fig. 6) et transposons ces résultats sur une carte de l'Europe à la même échelle, nous obtenons les portées représentées à la fig. 7. En supposant donc que l'avion survole Zurich, et que les Européens disposent d'un assez grand nombre de postes récepteurs de télévision pour collaborer à des essais du genre de ceux de Pittsburgh, nous voyons que les portées obtenues dépasseraient de loin les frontières de la Suisse et seraient de l'ordre de grandeur de celles que permettait d'espérer l'élargissement de l'horizon, en fonction de la hauteur de l'avion donnée à la fig. 3.

VII. Les frais de la transmission

Bien que les préoccupations d'ordre matériel ne soient pas à l'ordre du jour de cette Conférence Internationale de Télévision, je vous rappellerai quelques ordres de grandeur des dépenses à envisager. Ceux qui ont étudié les frais qu'entraînent les émissions de télévision comptent pour la partie technique un minimum de 200 Dollars et un maximum de 2000 Dollars par heure, y compris les salaires du personnel et l'amortissement des câbles coaxiaux ou relais nécessaires. Quant aux

Résultats de quelques observations des premiers essais de stratovision réalisés par Nobles en juin 1948 en survolant Pittsburgh (Etat de Pennsylvanie)

Tableau I

Distances aux Etats-Unis de Pittsburgh à:	Distances équivalentes en Europe de Zurich, Suisse, à:
A. Front Royal (Virginia) 145 miles	Genève 235 km
B. Martinsburg (W. Virg.) 130 miles	Milano 210 km
C. Patton (Pennsylvania) 73 miles	Brigue 117 km
D. Emporia (Virginia) 280 miles	Linz 450 km
E. Youngstown (Ohio) 50 miles	Romanshorn 80 km
F. Long Island (N. Y.) 325 miles	Paris 520 km
G. Rochester (N. Y.) 270 miles	Liège 430 km
H. East Liverpool (Ohio) 35 miles	Lucerne 50 km
I. Ann Arbor (Michigan) 250 miles	Reims 400 km

Résultat A., Front Royal, Virginia (235 km)
«Réception parfaite, bien supérieure à celles des stations terrestres que nous recevons difficilement»

Résultat B., Martinsburg, West Virginia (210 km)
«La meilleure réception reçue jusqu'à aujourd'hui... Quels avantages nous aurions de l'obtenir en tout temps»

Résultat C., Patton, Pennsylvania (117 km)
«Réception excellente, meilleure que les stations F. M. locales»

Résultat D., Emporia, Virginia (450 km)
«La meilleure réception obtenue jusqu'à maintenant»

Résultat E., Youngstown, Ohio (80 km)
«Réception bonne, contraste excellent, son parfait et une légère vibration de l'image» (... and a slight shakiness in picture)

Résultat F., Long Island, New York (520 km)
«L'image arrivait parfaitement claire et très stable; aucune variation de l'intensité ou inconstance» (no lessening of signal strength or fuzziness)

Résultat G., Rochester, New York (430 km)
«Intensité particulièrement bonne, comparable à celles des stations locales» (... about the same as local signal)

Résultat H., East Liverpool, Ohio (50 km)
«Image et son parfaits, devant une assemblée nombreuse voyant pour la première fois la télévision dans cette vallée»

Résultat I., Ann Arbor, Michigan (400 km)
«... votre station arrivait forte et claire»

Nobles estime, à la suite de ses essais, qu'un avion peut desservir une surface de 270 000 km² et qu'il suffirait de 14 avions pour assurer les programmes de télévision au 78 % des habitants des Etats-Unis d'Amérique (fig. 8).

pouvant transmettre les programmes de télévision et de modulation de fréquence (FM) avec les 4 avions représentés à la fig. 1, serait de 1000 Dollars à l'heure. Dans ce chiffre, les salaires des équipes volantes représentent le 20% des frais.

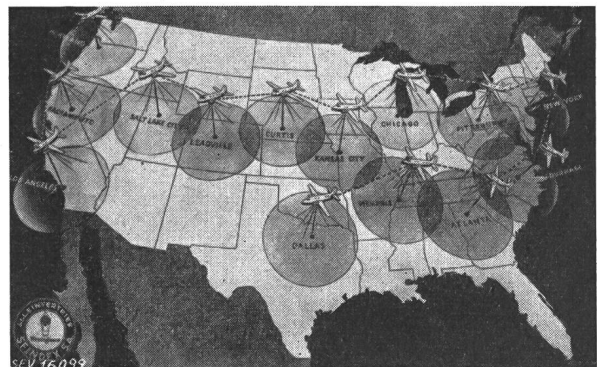


Fig. 8

Stratovision aux Etats-Unis

Il suffirait de 14 avions pour desservir le 78 % de la population des Etats-Unis avec 4 programmes de télévision et 5 programmes FM

Nous voyons donc que les frais de transmission du programme par la stratovision sont du même ordre de grandeur que la distribution de ce programme à un grand nombre d'émetteurs au sol, mais qu'on atteint un multiple des abonnés, ce qui permettrait de diminuer les contributions annuelles, dans les pays où ces contributions sont nécessaires.

VIII. Application à l'Europe

Peut-on espérer l'application de la stratovision en Europe? La densité de population d'une part, le nombre de nationalités et de langues d'autre part, présentent de grandes différences par rapport aux conditions qui existent aux Etats-Unis.

Il y a déjà une année que le journal d'information suisse «Prisma» publiait un exposé de Monsieur Bellac; une figure montrait le diamètre de 600 km qu'un avion volant au-dessus de la Suisse permet de téléviser (fig. 9); Monsieur Bellac en comparait la portée avec celles d'émetteurs plus puissants, mais utilisant les hauteurs naturelles de notre pays. Il faisait remarquer qu'en envoyant les programmes du sol à un avion volant à une grande altitude et en amplifiant l'émission avant de la renvoyer sur la terre, on pourrait assurer avec une puissance de l'ordre du kW un programme de télévision combiné avec un programme musical de haute qualité, non seulement aux villes, mais aussi aux campagnes, et cela bien au-delà de nos frontières.

Entre-temps, les essais de Pittsburgh ont prouvé que la chose est faisable et que, par la réduction des puissances de 5 à 1 kW, il sera possible de faire porter par l'avion plusieurs émetteurs à ondes ultracourtes. Nobles propose la transmission simultanée de 4 émissions de télévision et de 5 programmes FM. Mais cette combinaison, qui est d'ordre économique, peut être bien entendu variée à volonté, par exemple par la retransmis-



Fig. 9

Avion de stratovision survolant la Suisse et sa portée comparée à celle d'un émetteur de 5 kW situé sur le Pilate selon P. Bellac, «Prisma» 1947

frais du programme, qui, en Amérique, est payé par les intéressés à son émission, ils varieraient entre 600 et 10 000 Dollars à l'heure. Or Nobles compte que le service permanent

sion d'un programme de télévision en couleurs avec des commentaires simultanés en 3 ou 4 langues. De même, il serait possible de relayer la télévision en noir-blanc et de

transmettre simultanément l'exploration à larges bandes de films destinés à la projection sur grands écrans. Enfin, la fig. 10 montre une combinaison de l'idée du câble coaxial européen prévu par le CCIF pour 1952 avec la transmission par strato-vision de programmes internationaux.

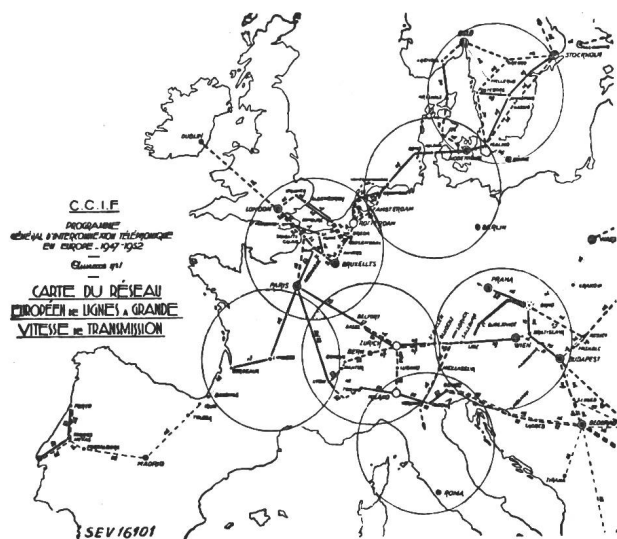


Fig. 10

Stratovision avec échanges internationaux de programmes possible en Europe avec 7 avions en tenant compte du câble coaxial prévu par le CCIF (1947—1952)

IX. Prochains buts et remerciements

Il n'y a que 3 ans que le développement de la strato-vision a commencé. Ce qu'il faut pour le terminer, c'est d'augmenter la sécurité de l'antenne portée à grande altitude. Monsieur van Zelm, Chef-constructeur de Glenn L. Martin Co., qui construit le nouvel avion type 2-0-2 à cabine large, capable de voler relativement lentement à grande altitude, ne pense pas que les problèmes, que posent les strato-visions, soient difficiles à résoudre actuellement. Il estime au contraire que cette nouvelle application de l'avion donne un service de plus à ajouter à ceux que rend déjà l'aviation.

Voici quelques caractéristiques de cet avion 2-0-2. Equipé pour vol par tout temps et prévu pour le premier service de strato-vision, dont la concession a été demandée à la FCC, son poids sera de 16 tonnes dont 5 d'essence. Avec ses 2 moteurs Pratt and Whitney R-2800, il est capable d'élever plus de 3 tonnes utiles, dont un équipage technique de 4 hommes. Il montera en 32 minutes à 8000 mètres et pourra croiser à une vitesse réduite dans un cercle de 10 km de diamètre. Son équipement, qui comprend une réserve de 100%, inclus les radars de navigation, l'atterrissage sans visibilité, la protection contre le givre, le chauffage, la climatisation et le réglage des pressions d'air de la cabine.

Pour terminer, nous ne voudrions pas manquer de remercier ici la *Westinghouse Electric Co.*, qui nous a donné l'occasion d'être à Pittsburgh lors des premières démonstrations de la strato-vision, et de vous remercier d'avoir pu vous exposer les beaux travaux d'une équipe enthousiaste au service d'une grande idée.

Adresse de l'auteur:

Ed. J. Aubort, Ingénieur-conseil, Goldauerstrasse 34, Zurich 6.

Apport à la discussion

Par E. Labin, Nutley, USA

La Stratovision ne présente plus aucune difficulté, qui ne serait pas à surmonter. Les essais de la *Westinghouse Electric Co.* ont démontré que la Stratovision est possible et que seule la partie aérotechnique (technics of flying) et surtout l'influence du temps qu'il fait sur l'avion, porteur de l'émetteur,

est encore problématique. Nous verrons comment ces difficultés seront résolues par la suite.

Adresse:

E. Labin, Technical Director, Federal Telecommunication Laboratories, Inc., Nutley, N. J., USA.

La Televisione subacquea con Ultrasuoni

Di M. Federici*, Milano

534.321.9 : 621.397.5

Già da molto tempo la tecnica ha cominciato ad estendere il campo di sensibilità dell'occhio umano. Prima i raggi X e i raggi ultrarossi, poi le onde elettromagnetiche, poi le vibrazioni elettromagnetiche di lunghezza d'onda ancora più breve furono successivamente scoperte insieme con i mezzi per renderle sensibili a noi. L'occhio non solo ci rivela la presenza di onde luminose, ma ci permette di percepire delle immagini del mondo esterno dovute alle onde stesse. Anche per le onde elettromagnetiche che noi non percepiamo, la tecnica trovò sistemi di lenti che permettessero di creare delle immagini e farcele percepire, ma su questa via trovò ben presto delle limitazioni. Infatti la possibilità di formazione di immagini di onde elettromagnetiche dipende non solo dalla possibilità di rilevarle, ma anche dalla possibilità di costruire dei sistemi ottici (od equivalenti di questi) che diano l'immagine. Tale possibilità dipende da molti fattori, ma soprattutto dalla lunghezza d'onda: bisogna che questa sia piccola rispetto alle dimensioni degli oggetti che si rivelano e del sistema ottico.

Fu quindi possibile formare immagini con i raggi X e creare dei sistemi ottici per i raggi ultrarossi e in seguito per le onde radio di lunghezza minore. Per le onde radio di maggiore lunghezza questo non è stato ancora possibile od opportuno e lo sarà difficilmente: si può parlare di immagini e di visione solo per lunghezze d'onda piccole.

Lunghezze d'onda più grandi possono solo essere rivelate, ma non è possibile per ora ottenere con esse immagini.

* Discorso tenuto di M. Ferrario, Ing., Segretario Tecnico del Comitato Nazionale Tecnico di Televisione, via Marcona 72, Milano.

La natura che ha creato i nostri organi sensori ha affidato all'occhio umano il compito di essere l'organo a percezione spaziale e gli ha dato una sensibilità limitata ad onde molto piccole e con spiccatissime proprietà direttive il che ci permette con un sistema ottico di piccole dimensioni qual'è quello dell'occhio umano, la formazione di immagini di oggetti di dimensioni non microscopiche, mentre ha dato relativamente meno peso al riconoscimento delle diversità di lunghezza delle onde impiegate nella visione.

Senza voler misconoscere l'importanza del colore nella visione, basta accennare alla diffusione del cinematografo per riconoscere che anche la visione con luce monocromatica non toglie molto alle proprietà ricettive dell'organo della visione.

L'occhio non è però il solo nostro organo sensibile a vibrazioni. L'orecchio è a sua volta l'altro organo che percepisce le vibrazioni, non più di natura elettromagnetica, ma di natura elastica. Le vibrazioni sonore sensibili hanno grande lunghezza d'onda, rispetto agli oggetti comuni, e non è possibile quindi la formazione di immagini. Il nostro orecchio infatti non ci dà una percezione acustica spaziale del mondo esterno, è solo un rivelatore. In compenso è sensibile ad una estesa gamma di frequenze e ci permette l'analisi armonica dei suoni complessi.

Sarebbe infatti praticamente annullata l'utilità dell'impiego dell'udito qualora le nostre orecchie fossero sensibili soltanto ad una sola frequenza della gamma acustica. La funzione dell'udito è affidata invece soprattutto al potere di analisi delle frequenze dei suoni che i nostri organi auditivi compiono e modeste sono le nostre possibilità di giovarci nel percepire il mondo esterno delle proprietà direttive delle onde sonore, che del resto sono in generale scarse.