Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

Band: 22 (1949)

Artikel: "Polatomic" : ein Langstreckenfunknavigationssystem der Zukunft

Autor: Schafroth-Rossier, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-563642

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

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

«Polatomic» — Ein Langstreckenfunknavigationssystem der Zukunft

Von H. Schafroth-Rossier, Bern

Die bestehenden Navigationssysteme

Die seit Kriegsende regelmässig in grosser Zahl stattfindenden Transozeanflüge stellen besondere Probleme an die Langstreckennavigation. Die damit zusammenhängenden Fragen sollen kurz gestreift werden, wobei im besonderen eine neue, vorläufig noch etwas phantastisch anmutende, jedoch technisch sehr interessante Idee beschrieben wird.

Die funktechnischen Hilfsmittel der Flugnavigation lassen sich von verschiedenen Gesichtspunkten aus in mehrere Kategorien einteilen. Vom betrieblichen Standpunkt aus gesehen, gibt es drei Hauptgruppen, deren charakteristische Systeme nachstehend aufgeführt sind:

Die Langstrecken-Funknavigationshilfen schliessen folgende Systeme ein: Consol, Decca, Navigator, Loran (Long Range Navigation System), Navaglobe.

Die Mittelstrecken- und Kurzstreckennavigationshilfen enthalten: Mittelwellenfunkfeuer, Gee, VHF-Omniranges mit DME (Distance Measuring Equipment), Navar, Lanac.

Die Landehilfen bestehen aus: ILS (Instrument Landing System), SBA (Standard Beam Approach), GCA (Ground Controlled Approach).

Obschon man sich im Rahmen der ICAO (International Civil Aviation Organisation) auf das VHF-Omnirange mit DME und das ILS-System einigen konnte, so ist man noch weit davon entfernt, auf dem Gebiete der Flugfunknavigation auf einem befriedigenden Stand angelangt zu sein. Es sind dabei besonders die Langstreckennavigationshilfen, die in verschiedener Hinsicht nicht genügen. Dieser Umstand gestaltet die Navigation über grosse Strecken, besonders über Ozeanen und schwach besiedelten Gebieten, oft sehr mühsam und macht das Mitführen zahlreicher Apparaturen und eines Navigators erforderlich. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, bedeutet dieses Mehrgewicht die Einbusse von etwa zwei Passagierplätzen oder entsprechender Frachtzuladung.

In technischer Hinsicht kann man die Funknavigationshilfsmittel in folgende Kategorien einteilen:

1. Richtungsbestimmung durch gerichteten Empfang, d. h. die Bestimmung des Winkels zwischen der Standlinie und der Flugzeuglängsachse mit Hilfe einer Rahmenantenne (vgl. Abb. 1). Dieses System ist das älteste und wird noch heute angewendet, wobei vor allem automatische Ausführungen (Radiokompass) im Gebrauch sind. Beim Radiokompass wird die Rahmenantenne automatisch in die Nullstellung gedreht, wobei der Peilwinkel auf einem kompassähnlichen Instrument angezeigt wird. Der Pilot hat nichts anderes zu tun, als den gewünschten Sender auf seinem Empfänger einzustellen und das Peilresultat abzulesen. Es ist dabei zu beachten, dass man den Winkel in bezug auf den Sender und nicht etwa zur Nordrichtung erhält, welcher Umstand besonders über grosse Distanzen die Standortbestimmung kompliziert. Ein grosser Vorteil des Systems ist der, dass beliebige Sender, also auch Rundfunksender, angepeilt werden können. Die Rahmenpeilung ist jedoch nachtempfindlich, was deren Wert besonders während der Dämmerung leider stark herabsetzt.

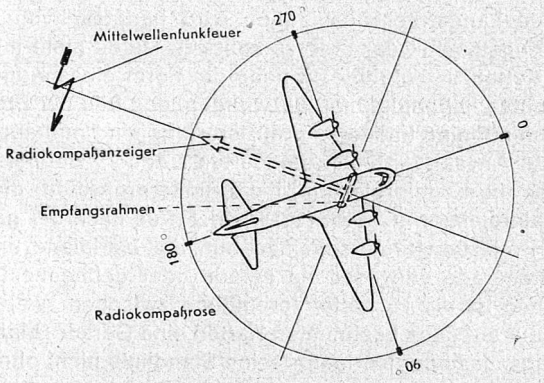

Abb. 1. Radiokompass

*

2. Radargeräte, welche nach der bekannten Impulsmethode mit Hilfe einer Kathodenstrahlröhre die Distanz zwischen zwei Punkten angeben. Das Gerät kann nach der Primär- oder nach der Sekundärradarmethode arbeiten. Beim ersteren werden kurze, kräftige Sendeimpulse ausgestrahlt, welche beispielsweise von einem Hindernis reflektiert, in den Sendepausen von derselben Antenne, welche die Impulse ausgestrahlt hat, wieder empfangen werden (vgl. Abb. 2). Die Zeit vom Abgang bis zur Rückkunft des Signals gibt ein Mass für die Entfernung des reflektierenden Punktes (Beispiel: el. Höhenmesser). Beim letzteren System werden ebenfalls kurze, kräftige Sendeimpulse ausgestrahlt, welche jedoch auf entsprechende «Antwortgeräte» einwirken. Diese bestehen aus einem Empfänger, welcher den Impuls aufnimmt, der einen kräftigen Antwortimpuls ausstrahlt (vgl. Abb. 3). Die Distanz vom Interrogator zum «Antwortgerät» ist auch hier wieder durch den Zeitunterschied Signalabgang-Rückkunft des Antwortsignals bestimmt.

Das Primärradarsystem hat den Nachteil, dass die reflektierten Impulse sehr schwach sind, was sich für die Reichweite ungünstig auswirkt. Für gewisse Zwecke, wie das Auffinden gefährlicher Wolken, zur Höhenmessung und dergleichen (Abb. 2), ist jedoch kein anderes System möglich.

Das Sekundärradarsystem kann überall dort angewendet werden, wo die Aufstellung eines «Antwortgerätes» möglich ist, z. B. für die Kollisionswarnung zwischen Flugzeugen (Abb. 3) oder auch für die Navigation.

*

3. Navigationsfunkfeuer, welche hyperbolische Positionslinien, wie z. B. das Gee, Loran u. a. m. Sie sind dadurch charakterisiert, dass zwei Sender in einem gewissen Abstand voneinander aufgestellt sind, welche Impulse oder auch Dauerstrich ausstrahlen. Verbindet man nun diejenigen Punkte miteinander, für welche der Zeitunterschied bis zur Ankunft der beiden Impulse an den Beobachtungsort der gleiche ist oder für welche im Falle einer synchronisierten A'-Ausstrahlung das Phasenverhältnis das gleiche ist, so erhält man hyperbolische Positionslinien (Abb. 4). Man kann also durch Messen des Impulszeitverhältnisses oder des Phasenverhältnisses feststellen, auf welcher Positionslinie man sich befindet. Durch Aufstellung eines dritten Senders können ausserdem weitere Positionslinien er-

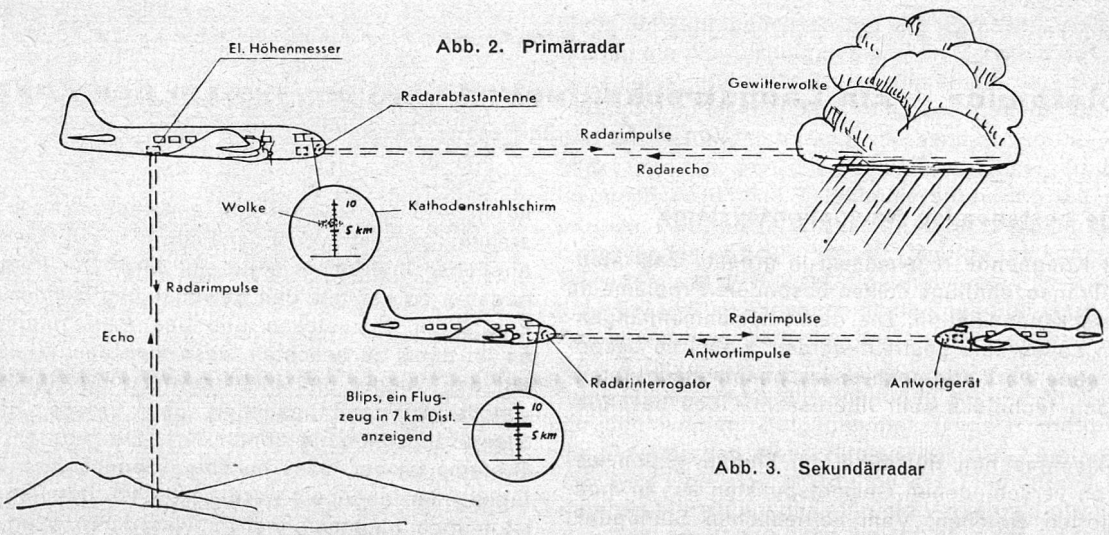

Abb. 2. Primärradar

Abb. 3. Sekundärradar

zeugt werden, welche die durch das erste Senderpaar erzeugten kreuzen, so dass eine Standortbestimmung möglich ist (Gee, Loran). Für die Auswertung sind bei diesen Systemen entsprechend vorbereitete Karten oder Tabellen erforderlich.

*

4. Systeme, welche mit Hilfe einer besonderen Antennenanordnung sowie der Anwendung von Amplituden-, Frequenz- oder/und Phasenmodulation es dem Flugzeug ermöglichen, sich zu peilen oder einen beliebigen Kurs auf den Sender zu oder von diesem weg einzuhalten. In diese Kategorie gehören das ILS-Landesystem und der von der ICAO als Standard bestimmte VHF-Omnirange.

*

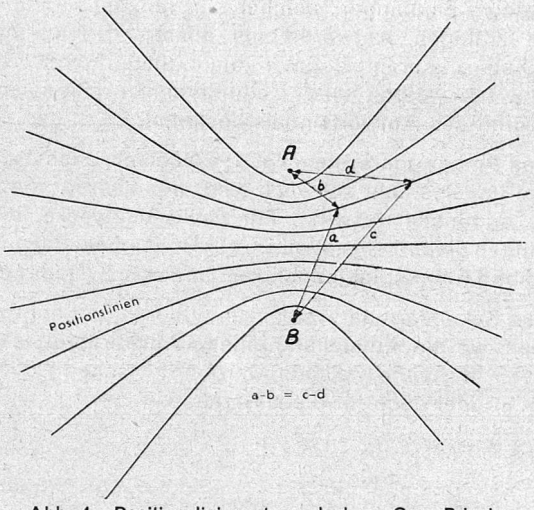

Abb. 4. Positionsliniennetz nach dem «Gee»-Prinzip

Betrachtet man nun die Erfordernisse, welche an die Langstreckennavigationshilfen gestellt werden müssen, so kann man folgendes festhalten.

Obschon über grosse Strecken nicht dieselbe Genauigkeit erforderlich ist wie für die Kurzstreckennavigation, sollten doch die Fehler möglichst klein sein. Sobald ein Flugzeug mit grösseren Abweichungen vom idealen Kurs rechnen muss, so hat es eine grössere Betriebsstoffreserve in Rechnung zu setzen, was wiederum die Betriebskosten beträchtlich erhöhen kann. Navigationssysteme aus der ersten Kategorie können daher nicht in Betracht kommen, da sie nicht nachteffektfrei sind und ausserdem das Problem der Standortbestimmung auf grosse Distanzen ziemlich komplex wird. Die zweite Kategorie eignet sich ebenfalls nicht, da flugzeugseitig ein Sender benötigt wird. Die Leistung und damit die Reichweite desselben sind aber naturgemäss stark beschränkt, so dass dieses System nur für Kurzstreckennavigation verwendbar ist. Die vierte Kategorie scheidet ebenfalls aus, da sich diese Navigationshilfe erfolgreich nur mit VHF (Very High Frequency) ausführen lassen. Um grosse Strecken mit einem Sender zu überbrücken, eignen sich jedoch nur lange Wellen, und zwar hat man durch Versuche gefunden, dass am ehesten der Frequenzbereich 80 bis 100 kHz in Betracht fällt.

Aus dem bisher Dargelegten geht hervor, dass man die Langstrecken-Navigationshilfen in der dritten Kategorie suchen muss. Typische Vertreter sind das LF-Loran (Low Frequency Long Range Navigation System), Navaglobe, Popi, Consol und Decca. Die Tendenz geht dahin, die Bandbreite möglichst schmal zu machen, in der Grössenordnung von 100 bis 10 Hz, einerseits um das auf den langen Wellen sehr beschränkte Frequenzspektrum besser auszunutzen und anderseits um den Einfluss der statischen Störungen auf ein Minimum zu beschränken. Wie schon weiter oben gesagt wurde, befriedigen die heutigen Langstrecken-Navigationshilfen nicht, indem sie mehr oder weniger komplex sind, jedenfalls nicht einfach genug, als dass sich der Pilot direkt ihrer bedienen könnte.

Das neue System

In der Zeitschrift «Air Transport» (Vol. 6, Nr. 3, 1948) veröffentlichte Robert J. Colin eine sehr interessante Idee, welche, obschon sie gegenwärtig noch etwas phantastisch anmutet, doch so viele interessante Aspekte bietet, dass es sich lohnt, sich damit zu befassen.

Die Langstreckennavigation wird hauptsächlich durch die Kugelgestalt der Erde kompliziert. Da es nicht möglich ist, Karten mitzuführen, welche die Form eines Kugelausschnittes haben, ist man gezwungen, das Bild der Erdoberfläche auf eine Ebene zu projizieren. Es sind nun aber eine ganze Anzahl von Projektionsarten möglich, wie beispielsweise die Kegelprojektion, die Zylinderprojektion, die Azimutalprojektion u. a. m. (vgl. Abb. 5). Je nach der gewählten Projektionsart erscheinen nun die Meridiane und die Breitengrade entweder als gerade oder gebogene Linien. Ebenso ist die kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten nur auf ganz bestimmten Karten eine Gerade. Man sieht daraus, dass der Navigator seine Standlinie nicht ohne weiteres finden kann, indem er die Richtung zu einem bestimm-

ten Funkfeuer als Gerade in eine Karte einträgt. Eine weitere Komplikation bei der Langstreckennavigation entsteht dadurch, dass der Navigator die geographische Position des Flugzeuges feststellen muss und nicht die Position in bezug auf einen bekannten Sender, denn da sich die Flugzeuge bei diesen Flügen meistens über Ozeanen oder schach besiedelten Gebieten befinden, fehlen die bei Kurzstreckenflügen üblichen Anhaltspunkte meistens ganz. Es bleibt deshalb nichts anderes, als eine Navigation zu betreiben, wie sie bei der Schiffahrt üblich ist: durch Feststellen der geographischen Länge und Breite, wobei oft die Sternnavigation eine grosse Rolle spielt.

Das Verfahren könnte nun mit einem Schlag gewaltig vereinfacht werden, wenn es gelänge, auf den Polen starke Navigationsfunkfeuer aufzustellen. Da ja die Wellenausbreitung den Grosskreisen folgt, so würde sie in diesem Falle mit den Meridianen übereinstimmen. Eine gewöhnliche Peilung würde also bei Windstille immer direkt den rechtweisenden Kartenkurs angeben (vgl. Abb. 6). Durch entsprechende Konstruktion des Senders und der Empfangsapparaturen in den Flugzeugen sollte es ausserdem möglich sein, im Flugzeug direkt die Angabe der geographischen Länge zu erhalten. Würde es ausserdem noch gelingen, in ähnlicher Weise die Breitengrade zu markieren, so erhielte man im Flugzeug eine ständige Standortangabe in geographischen Koordinaten, was natürlich ideal wäre.

Wie anfangs erwähnt, besteht bereits das Prinzip der «Omni Directional Beacon», bei welcher die Antennenanordnung so getroffen ist, dass die Richtung Nord mit 0° gekennzeichnet ist. Man erhält deshalb im Flugzeug den Winkel zwischen Geographisch-Nord und der Standlinie angezeigt (vgl. Abb. 7). Würde man ein solches Funkfeuer auf dem Pol aufstellen, so liesse sich die Antennenanordnung ohne weiteres so treffen, dass der Meridian von Greenwich mit 0° gekennzeichnet würde, so dass im Flugzeug der Winkel zwischen der Standlinie und dem Meridian von Greenwich, also die geographische Länge, bestimmt werden könnte. Wie schon dargelegt, arbeiten allerdings die «Omni Directional Beacons» auf VHF und eignen sich daher für grosse Distanzen nicht. Eine Lösung mit Langwellen erscheint jedoch in der beim «Navaglobe» angeregten Art möglich zu sein.

Etwas mehr Schwierigkeiten wird jedoch vermutlich die Markierung der Breitenkreise bieten. Wohl ist das Problem des DME (Distance Measuring Equipment) technisch gelöst (die Messung der Distanz zum Polsender wäre ja gleichbedeutend mit einer Bestimmung der geogr. Breite). Das auf dem Impulsprinzip aufgebaute DME eignet sich jedoch bekanntlich nur für kurze Distanzen. Es bleiben deshalb nur die in der dritten Kategorie genannten hyperbolischen Systeme. Betrachtet man Abbildung 4 und entfernt in Gedanken die beiden Sender auf die Weise voneinander, dass sie auf der Erdkugel auf den Nord- resp. Südpol zu stehen kommen, so kann man feststellen, dass die Hyperbeln in Kreise übergehen, welche parallel zu den geogr. Breitenkreisen laufen (vgl. Abb. 8). Ein entsprechender Empfänger im Flugzeug würde deshalb als Standlinie den Breitenkreis anzeigen, auf welchem sich das Flugzeug befindet.

Die Vorteile dieses Systems, bei welchem der Pilot auf einem Instrument (vgl. Abb. 9) zu jeder Zeit seinen Standort ablesen kann, sind in die Augen springend. Einmal wird die Position in geogr. Koordinaten angegeben, so dass die komplizierte Umrechnung wegfällt. Ausserdem kann ohne weiteres mit der üblichen «Links-Rechts»-Anzeige einem Längen- oder Breitengrad nachgeflogen werden. Um auf einfache Weise einem beliebigen Kurs, normalerweise einem

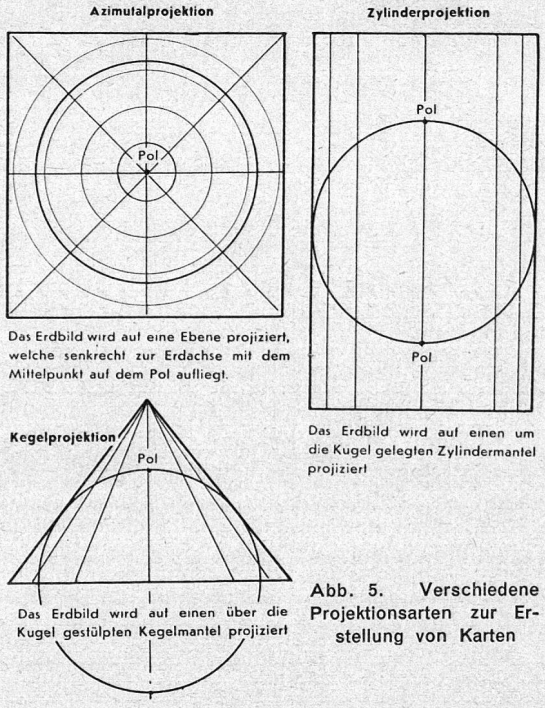

Abb. 5. Verschiedene Projektionsarten zur Erstellung von Karten

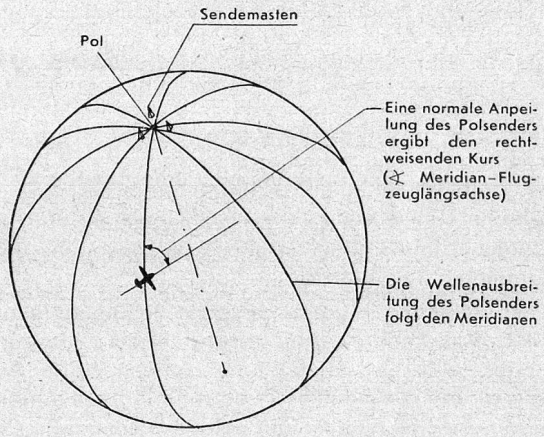

Abb. 6. Ein starkes Navigationsfunkfeuer am Pol. ermöglicht direkt den rechtweisenden Kurs zu erhalten

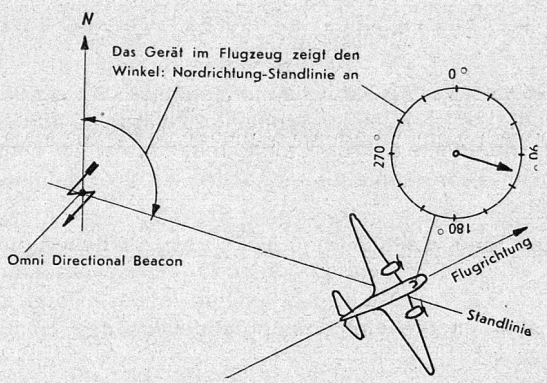

Abb. 7. Prinzip des Omni Directional Beacon

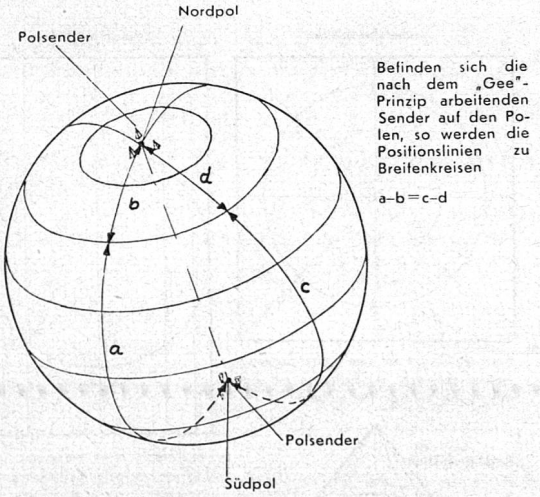

Abb. 8. Starke Navigationsfunkfeuer am Nord- und Südpol würden jederzeit eine genaue Standortbestimmung des Flugzeuges ermöglichen

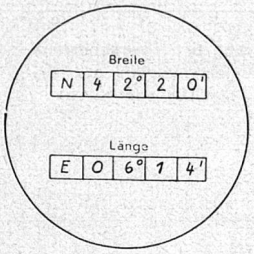

Abb. 9. Das an der «Polatomic»-Empfangsapparatur angeschlossene Instrument zeigt dem Navigator ständig den geographischen Standort an

Grosskreis, folgen zu können, müsste man einen sog. «Computer» zu Hilfe nehmen, welcher die Umrechnungen, die erforderlich sind, besorgt. Solche Computer sind schon konstruiert worden für die Verwendung mit dem «Omni Directional Beacon».

Auch die Seeschiffahrt könnte sicher sehr grosse Vorteile aus der Verwertung dieses Systems ziehen.

Den Vorteilen stehen allerdings auch grosse Schwierigkeiten gegenüber. Einmal muss die Sendeenergie, damit der ganze Erdball überdeckt werden kann, schätzungsweise 3000 kW betragen. Finanziell würde dies allerdings wenig ins Gewicht fallen, weil eine Station grosser Leistung kaum teurer zu stehen kommt als eine grosse Anzahl kleiner Stationen. Die grösste Schwierigkeit liegt jedoch im Aufstellungsort (Nord- und Südpol) der Anlagen. Wohl haben die amerikanischen Arktismanöver gezeigt, dass die Pole lange nicht mehr so unerreichbar sind wie noch vor kurzer Zeit. Eine Erstellung von elektrischen Leitungen ist aber trotzdem total ausgeschlossen, und die Energieversorgung würde deshalb wohl das schwierigste Problem darstellen. Da aus verständlichen Gründen der Nachschub auf ein Minimum beschränkt werden müsste, wird als Energiequelle eine Atombatterie vorgeschlagen. Bezugnehmend auf diese Energiequelle und auf den Standort der Anlagen taufte Robert J. Colin dieses Navigationssystem «POLATOMIC».

Les yeux de Gander

Alors que le Congrès américain examine le projet d'établissement d'un réseau radar de protection des Etats-Unis contre toute attaque aérienne venant de la zone polaire, un appareil du type qui serait vraisemblablement utilisé à cet effet, remplit jour et nuit de pacifiques besognes dans un aérodrome de Terre-Neuve.

C'est à Gander, le grand carrefour des lignes aériennes de l'Atlantique nord, que se trouve ce radar, desservi par une compagnie civile, les Pan American World Airways PAWA. Il sert uniquement à contrôler le trafic aérien civil, mais son principe d'utilisation reste le même, qu'il s'agisse de paix ou de guerre.

L'antenne, de 3 m de hauteur, est perchée sur un des hangars de l'aéroport. Elle tourne sans cesse sur elle-même, émettant des impulsions très brèves qui pénètrent le brouillard, la neige et la pluie comme un projecteur parfait. Lorsqu'une de ces impulsions rencontre un quelconque objet, mobile ou fixe, elle s'y heurte et rebondit, écho qui revient apparaître comme un point lumineux sur l'écran du radar. Ces «tops» lumineux montrent à l'opérateur l'aspect de l'espace aérien qui l'environne.

A Gander, l'écran est divisé en 5 cercles concentriques correspondant chacun à une zone de 20 milles, de sorte que l'espace prospecté a une profondeur de plus de 300 km tout autour de l'aérodrome. Il est divisé en 360° comme la boussole.

Conjuguant la direction et la distance de l'objet qui lui donne un écho, l'opérateur radar le localise exactement, comme aussi il peut suivre la ligne de vol des avions, alors qu'ils sont encore bien loin hors de vue des meilleurs observateurs.

C'est sous la forme de traits lumineux s'approchant du centre de son écran que l'opérateur voit arriver les avions. Il en conduit les pilotes vers l'aérodrome et détermine exactement l'heure d'atterrissage de chaque machine, de façon à assurer une juste cadence des atterrissages.

Il y a maintenant plus d'une année que fonctionne ce service sur l'aérodrome le plus soufflé par tous les vents.

Dans son emploi militaire, le radar signalerait de manière sûre l'approche de tout ennemi assez tôt pour que la défense puisse être efficacement alarmée.

La loi proposée au Congrès américain prévoit une détection à une distance de 300 milles, soit environ 460 km. Proposée par les forces aériennes et approuvée par toutes les autorités militaires, cette loi envisage une protection radar d'une valeur totale de 160 millions de dollars. Ce budget comprend l'errection de stations radars tout le long des frontières et les frais d'entretien du personnel.

Depuis son installation à Gander à la fin de 1947, ce dispositif a été utilisé par toutes les grandes compagnies transcontinentales transitant par la base de Terre-Neuve installée pendant la guerre. Ce sont les lignes civiles qui paient les frais d'entretien des appareils, de sorte que les avions militaires américains et étrangers peuvent en bénéficier gratuitement. La surveillance radar de l'espace aérien permet de réduire les temps d'atterrissage, par la localisation exacte des machines volant vers Gander. Les délais entre les arrivées peuvent être diminués, sans aucun risque de rencontres, car le contrôle radar permet en effet de connaître la position de chaque appareil en vol par n'importe quel temps, et d'éviter toute collision.

L'appareillage lui-même a été cédé par les forces aériennes aux PAWA. Il a été notablement amélioré récemment et sa puissance a encore augmenté. Le personnel a été instruit par les spécialistes du laboratoire de Mineola, à Long Island.