

**Zeitschrift:** Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen  
**Herausgeber:** Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere  
**Band:** 39 (1966)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Explosions nucléaires et télécommunications  
**Autor:** Flambard, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-563636>

### **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:** 02.04.2025

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

Sendeleistung beträgt rund 45 Watt. Als Antennenträger werden einheitliche konische Rohrmasten mit Steigritten verwendet, deren Höhe je nach Standort zwischen 18 und 22 m liegt. Während bei der ersten Anlage für die Richtfunkanlage Winkelreflektorantennen verwendet wurden, kommen neuerdings für den gleichen Zweck nur noch Helix-Antennen zum Einbau.

### Die mobilen Funkgeräte

in den Wagen — zurzeit sind von 75 Fahrzeugen 50 mit Funk ausgerüstet — stammen von der englischen Firma PYE Telecommunication Ltd. in Cambridge. Dabei handelt es sich um ein in grossen Serien hergestelltes, volltransistorisiertes Gerät (Modell Cambridge FM100) mit kleinen Abmessungen (31×23×11 cm), bescheidenem Gewicht (4,8 kg) und sehr geringem Stromverbrauch. Das Gerät besitzt 6 mit einem Schalter umschaltbare Kanäle, doch werden eigentlich nur deren 3 benützt. Dank dieser Möglichkeit des Kanalwechsels können alle Wagen in allen Zonen eingesetzt werden. Die Geräte sind in einer speziellen Halterung, die innert 2—3 Minuten einen Geräte austausch ermöglicht, unter dem Armaturenbrett angeordnet (siehe Abbildung). Die Sendeleistung beträgt 10 Watt, der Strombedarf bei Empfangsbereitschaft 0,25 A, beim Senden ca. 6,5 A. Die Stabantenne auf dem Wagendach ist direkt mit dem Gerät verbunden.

### Der Sprechverkehr

Der Vorteil dieses relativ einfachen Funksystems besteht darin, dass die Zentralen jederzeit alle ihr angeschlossenen Patrouilleure im fahrenden Wagen anrufen können. Damit ist auch eine ständige Kontrolle über alle eingesetzten Patrouilleure möglich. Zudem kann auch immer der sich am nächsten beim Pannenort befindliche Patrouilleure ausfindig gemacht werden, so dass sich Zeit und Kilometer einsparen. Die TCS-Patrouilleure werden mit ihren Rufnummern (Touring 1 bis 50) aufgerufen, die Zentralen mit ihren Rufnamen (Touring Lausanne, Zürich usw.). Weil sämtliche einem Sender angeschlossenen Patrouilleure alle ausgestrahlten Meldungen hören, ist eine strikte Sprechdisziplin nötig, damit sich der, besonders übers Wochenende schon heute sehr intensive Funkverkehr in geordnetem Rahmen abspielt.

Zurzeit erledigen die 75 TCS-Patrouilleure allein übers Wochenende an die tausend Pannen! Bis im Herbst, wenn dann auch die Zentrale Bern mit dem Funknetz der Zone 2 in Betrieb steht, dürften dann etwa 90 % aller Pannenaufträge via Funk erteilt werden. Damit dürfte der schnellstmögliche Einsatz und die bestmögliche Auslastung erzielt werden.

J. Pfyl, dipl. Techniker

C'est alors qu'intervient un phénomène très important non seulement pour les radiocommunications mais aussi pour l'astronautique et les autres usages de l'espace. Ce phénomène résulte de l'intervention du champ magnétique terrestre sur le mouvement d'une particule chargée électriquement (électron ou proton) (9). En vertu des lois de l'électrodynamique une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique est soumise à une force. On démontre que, si la particule est lancée avec une vitesse initiale dont le vecteur fait avec le champ magnétique terrestre un angle compris entre certaines limites, elle décrit une courbe spiralee s'enroulant autour des lignes de force de ce champ. Comme l'intensité du champ magnétique est variable et qu'elle est maximale aux points où une ligne de force rencontre la surface terrestre (points conjugués magnétiques), l'angle du vecteur vitesse avec le champ magnétique a tendance à croître lorsque la particule se rapproche de la Terre. Cet angle peut atteindre  $90^\circ$  avant que la particule ne soit parvenue dans l'atmosphère inférieure qui l'absorberait, elle part alors en sens inverse et peut ainsi exécuter une succession de trajets spiralés, en aller et retour entre deux points extrêmes qui sont appelés points de réflexion ou points miroirs. On dit qu'il y a capture de la particule par le champ magnétique terrestre. C'est par un processus de ce type que se maintiennent les ceintures naturelles de particules, dites ceintures de van Allen. Le mouvement s'exécute à très grande vitesse (de l'ordre de grandeur de 1000 km par seconde). Cependant comme la particule est amenée à pénétrer dans des régions où la densité de l'air est appréciable, elle perd peu à peu de l'énergie par collisions et la direction de son vecteur vitesse se modifie jusqu'au moment où elle atteint la valeur critique qui ne permet plus le mouvement en spirale: la particule est alors absorbée dans l'atmosphère inférieure. La durée de vie des particules capturées augmente lorsqu'elles sont injectées à des altitudes de plus en plus grandes; elle peut atteindre plusieurs années. Enfin les particules capturées et ainsi astreintes à se déplacer entre deux points miroirs, vont subir une lente dérive transversale par suite du manque d'uniformité du champ magnétique. Comme elles n'ont pas toutes la même vitesse et que le champ magnétique est variable, elles vont subir une certaine dispersion et finiront par former une ceinture continue, si leur nombre est assez grand et leur durée de vie assez longue. Comme leur mouvement spiralé les amène à séjourner plus longtemps dans la basse ionosphère, elles y créent des «nuages», particulièrement aux points où le champ magnétique est plus faible qu'ailleurs; il y a deux zones de ce genre: l'une dans le Pacifique nord, l'autre dans l'Atlantique sud. Cette ceinture est entretenue par les débris radioactifs à retombée lente. Ainsi, par des explosions effectuées à haute altitude on peut obtenir une espèce d'ionosphère artificielle qui, combinant ses effets avec ceux de l'ionosphère naturelle, est susceptible de provoquer des perturbations graves dans les radiocommunications.

On a calculé que si le dixième seulement de l'énergie d'une explosion de 1 mégatonne était consacré aux effets d'ionisation, cette énergie donnerait lieu à  $10^{32}$  électrons libres, c'est-à-dire autant qu'il y en a déjà dans l'ionosphère normale.

### Explosions à haute altitude

L'intérêt scientifique et l'intérêt militaire des explosions effectuées à haute altitude étant ainsi mis en évidence, les Etats-

Unis et l'U.R.S.S. ont procédé à des expériences qui ont été mises à profit par d'assez nombreux observateurs pour étudier les phénomènes que déclenchent ces explosions. On peut classer les expériences ainsi faites en trois séries:

- a) la série américaine de 1958. Elle comprend:
- les essais de l'île Johnston
    - Teak: 1<sup>er</sup> août 1958, bombe de plusieurs mégatonnes, à 70 km d'altitude,
    - Orange: 12 août 1958, bombe de plusieurs mégatonnes, à 40 km d'altitude;
  - les essais Argus, dans l'Atlantique sud, à partir du navire «Norton Sound»
    - Argus I: 27 août 1958, bombe de 2 kilotonnes, à 480 km d'altitude,
    - Argus II: 30 août 1958, bombe de 2 kilotonnes, à 480 km d'altitude,
    - Argus III: 6 septembre 1958, bombe de 2 kilotonnes, à 480 km d'altitude.

Ces essais eurent lieu peu de temps avant l'arrêt momentané des expériences nucléaires.

b) la série russe de l'automne 1961 et de l'automne 1962. Les premières explosions à haute altitude signalées ont eu lieu les 21 et 27 octobre 1961. L'altitude était de l'ordre de 65 km et la puissance inférieure à 10 kilotonnes.

Trois autres expériences ont été mentionnées, en Asie Centrale:

22 octobre 1962, bombe de plusieurs centaines de kilotonnes, 28 octobre 1962, bombe de 100 kilotonnes au moins, à une altitude comprise entre 50 et 100 km,

1<sup>er</sup> novembre 1962, bombe de 100 kilotonnes au plus, à une altitude comprise entre 50 et 100 km.

Enfin, une autre expérience a été signalée le 22 décembre 1962, la puissance de la bombe étant de 100 kilotonnes environ.

A cette série il convient de joindre les explosions des 23 et 30 octobre 1961, effectuées en Nouvelle-Zemble, à quelques kilomètres seulement du sol, mais dont la puissance (30 et 50 mégatonnes respectivement) était telle qu'elles ont eu des effets très notables dans l'atmosphère supérieure.

c) la série américaine de 1962

Ces expériences, effectuées à l'île Johnston, ont comporté: le 9 juillet 1962, une bombe de 1 mégatonne environ, à 400 km d'altitude environ,

le 20 octobre 1962, une bombe de 20 kilotonnes, à 50 km d'altitude environ,

le 26 octobre 1962, une bombe à une altitude comprise entre 30 et 50 km,

le 1<sup>er</sup> novembre 1962, une bombe de 1 mégatonne, à 50 km l'altitude environ,

le 4 novembre 1962, une bombe de faible puissance.

L'explosion du 9 juillet 1962, en raison de sa puissance et de son altitude, a été celle dont les effets ont fait l'objet du plus grand nombre d'observations.

En conduisant ces essais, les expérimentateurs ne cherchaient pas seulement l'influence de semblables explosions sur les télécommunications; ils poursuivaient certainement aussi d'autres buts tels que: mise au point d'engins anti-engins, neutralisation de satellites, effets sur les ceintures naturelles de radiations, etc.; ce n'est pas l'objet de notre exposé. En ce qui concerne les altérations causées à l'atmosphère et leurs

répercussions sur les télécommunications, les mesures peuvent porter sur un certain nombre de phénomènes qui permettent d'évaluer ces répercussions ou de les apprécier directement. Nous passerons rapidement en revue ces phénomènes en citant quelques exemples d'observations faites à leurs sujet.

1. Sondages ionosphériques. — Il existe des stations de sondage qui, en permanence, étudient l'état de l'ionosphère locale en mesurant le temps de parcours d'une impulsion radioélectrique entre le sol et l'ionosphère, le procédé le plus courant étant celui du sondage vertical dans lequel les ondes sont rayonnées vers le zénith. Les sondeurs émettent des ondes à fréquence porteuse variable de façon à explorer les gammes les plus intéressantes à cette fin, c'est-à-dire principalement la gamme des ondes décamétriques (3 à 30 MHz). Un graphique (ionogramme) peut être alors tracé qui donne la hauteur de réflexion des ondes en fonction de leur fréquence. Une grandeur très intéressante pour la connaissance des propriétés de l'ionosphère est sa fréquence critique à un moment donné, c'est-à-dire la fréquence au-dessus de laquelle les ondes ne sont plus réfléchies par la région de l'ionosphère considérée.

Les stations en question ont fait de nombreuses observations des perturbations apportées par les explosions à haute altitude. Ainsi, dès les premières expériences exécutées à l'île Johnston (août 1958) on a noté une disparition complète des échos de la région F par suite de l'absorption des ondes dans la région D dont l'ionisation a atteint jusqu'à dix fois la valeur normale. Cet effet a été constaté aux îles Hawaï, pendant un intervalle de temps compris entre 22 minutes et 2 h 30 après l'explosion du 1<sup>er</sup> août 1958, entre 5 h 30 et 7 h 30 après l'explosion du 12 août (10).

Nous avons inscrit dans la liste des explosions à considérer les explosions soviétiques de très grande puissance exécutées en octobre 1961, bien qu'elles aient eu lieu dans la basse atmosphère. Elles ont en effet donné la preuve que, par suite de leur puissance exceptionnelle, elles produisaient des effets ionosphériques considérables. Ainsi, le 30 octobre 1961, on a constaté à Paris un accroissement brutal de la fréquence critique dans la région F vers 11 heures alors que l'explosion (50 mégatonnes) avait eu lieu en Nouvelle-Zemble à 8 h 30. La densité électronique s'est accrue à ce moment de 425 % par rapport à l'heure précédente. Le Professeur Dieminger à Lindau (Allemagne) a fait des constatations concordantes le même jour (26) (11). La station de Tahiti observait le phénomène le lendemain. D'après Dieminger, la vitesse de la perturbation ionosphérique aurait eu l'ordre de grandeur de 500 m/s. L'Institut Ionosphérique d'Athènes a rendu compte d'observations semblables (27).

Nous donnons encore une autre exemple relatif à la même station de Tahiti et à l'explosion américaine à très haute altitude du 9 juillet 1962. La figure 2 montre l'évolution de la fréquence critique dans la couche F. On a calculé que l'augmentation de la densité d'ionisation atteignait 365 %.

Parmi les nombreuses observations auxquelles a donné lieu cette explosion du 9 juillet 1962, citons les très intéressants travaux des savants néo-zélandais (12) qui ont constaté, au moyen des ionogrammes, l'apparition dans la région F d'une densité électronique dix fois plus élevée que la normale et

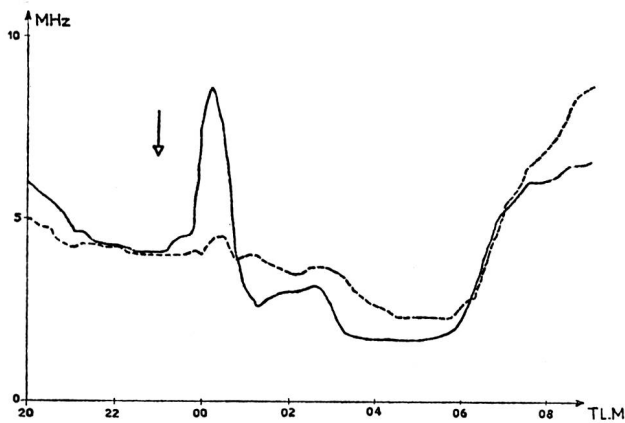


Fig. 2. Evolution de la fréquence critique de la couche F2, observée à Tahiti au moment de l'explosion nucléaire du 9 juillet 1962. La fréquence critique passe de 4,5 MHz à 8,6 MHz, atteignant son maximum entre 45 minutes et 1 heure après l'explosion. La flèche désigne l'heure de l'explosion. La courbe en trait plein représente la valeur de la fréquence critique mesurée (en MHz) en fonction du temps (temps local). La courbe en trait pointillé représente la médiane des sept jours encadrants. (D'après une note préliminaire de la Division des Prévisions Ionosphériques du Centre National d'Etudes des Télécommunications par les auteurs de l'article porté en référence [26].)

qui ont établi des comparaisons instructives avec les effets des explosions de 1958.

A la technique des sondages nous pouvons rattacher un procédé original d'étude de l'ionosphère, celui qui consiste à utiliser la réflexion sur la lune d'ondes de fréquences élevées (151 MHz) qui traversent l'ionosphère en aller et retour (13). Ces ondes subissent, dans le double passage à travers l'ionosphère, une rotation de leur plan de polarisation. On a constaté des oscillations inhabituelles de cette rotation à la suite de l'explosion russe du 1<sup>er</sup> novembre 1962.

2. Liaisons radioélectriques. — De nombreuses observations ont été faites sur les liaisons radioélectriques en service. Elles ont évidemment l'avantage de fournir une appréciation directe des effets des explosions nucléaires, au moins dans certaines gammes d'ondes.

Dès la première expérience à l'île Johnston (1<sup>er</sup> août 1958) on a noté des perturbations importantes dans les liaisons en ondes décamétriques à travers le Pacifique (14). Elles affectaient, par exemple, des liaisons sur des fréquences comprises entre 10 et 15 MHz entre Hiraiso (Japon) d'une part, Honolulu et San Francisco d'autre part, bien que le trajet Hiraiso—San Francisco passe à quelque 3600 km du lieu de l'explosion. Nous citerons un autre exemple emprunté aux expériences russes de 1962. Un compte rendu très précis des effets de l'explosion du 22 octobre 1962 sur un certain nombre de liaisons radioélectriques a été donné par des observateurs suédois (15). Ils ont enregistré à Kiruna et à Upsala l'émission (16 kHz) de la station anglaise de Rugby. Ils ont constaté un renforcement soudain du signal à Kiruna et une diminution non moins soudaine à Upsala immédiatement après l'explosion. Les résultats s'expliquent par un abaissement brutal de 10 km de la hauteur de réflexion des ondes avec retour pro-

gressif à la hauteur normale. Des enregistrements effectués le 28 octobre suivant donnent une allure exactement semblable des phénomènes. Ces observateurs ont également publié les enregistrements à Stockholm de deux émetteurs Decca situés au Danemark. L'explication des effets est ici plus compliquée mais elle aboutit à conclure également à un accroissement brusque de l'ionisation.

Nous devons à des savants néo-zélandais des rapports très complets sur les effets de l'explosion américaine du 9 juillet 1962. Ils ont signalé, en particulier (16), une réduction de 20 dB du niveau du signal venant des îles Hawaï sur ondes très longues (19,8 kHz), une seconde après l'explosion, avec retour très rapide au niveau normal. Mais au point conjugué magnétique du lieu de l'explosion ils ont constaté un évanouissement total à la réception d'ondes dont les fréquences s'étagaient de 500 kHz à 2,2 MHz, pendant 20 minutes après l'explosion. Une observation continue des émissions des stations de radiodiffusion a montré une absorption s'étendant à toute la nuit du 9 juillet et persistant le 10 et le 11 dans les parages de la Nouvelle-Zélande.

#### EXPLOSIONS NUCLÉAIRES ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

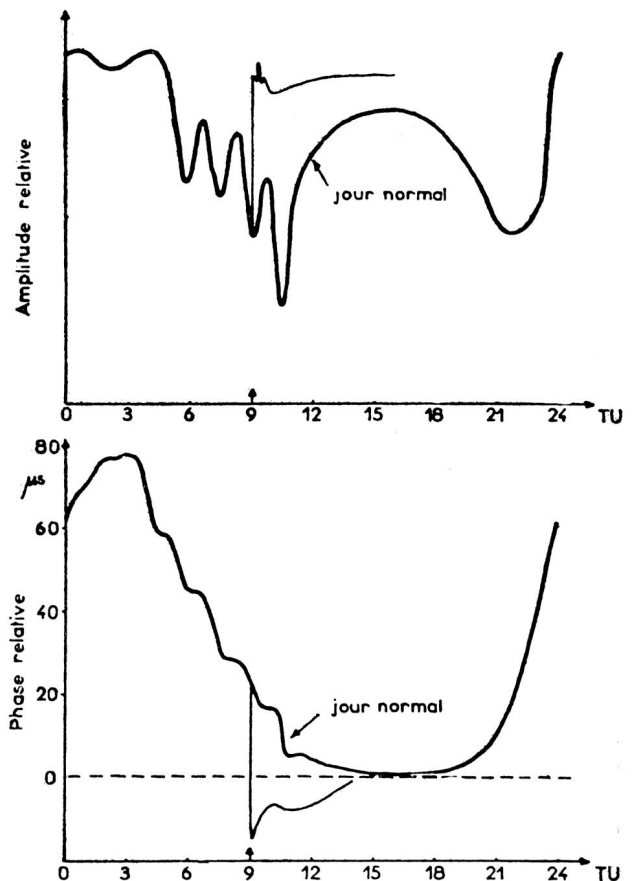


Fig. 3. Courbes de phase et d'amplitude de l'émetteur NBA (Panama, 18 kHz), enregistrées à Issy-les-Moulineaux le 9 juillet 1962, en comparaison avec celles du 8 juillet (jour normal). (D'après la référence [18].)

Le décalage de phase subi par les ondes de la bande 4 (ondes myriamétriques ou V.L.F.) a été fréquemment signalé. Il a été relevé pendant 20 secondes après chaque explosion (17) les 1<sup>er</sup> novembre et 4 novembre 1962 à Rochester (Etat de New York) sur les émissions (18,6 kHz) de la station NPG située près de Seattle (Etat de Washington) à l'autre extrémité des Etats-Unis. En France (18) les ingénieurs du Centre National d'Etudes des Télécommunications ont mis en évidence les effets des explosions thermonucléaires à haute altitude sur l'amplitude et la phase de ces ondes (figure 3). Des exemples semblables concernant des liaisons très différentes ont été donnés par des savants australiens (19).

3. Observations par radar. — L'ionisation supplémentaire créée par les explosions de la série Argus a pu être décelée par un radar fonctionnant sur 27 MHz qui a reçu des échos pendant 5 heures au voisinage du point d'explosion et pendant 1 h ¼ au voisinage du point conjugué magnétique. Il faut dire que, dans ce cas, des volumes ionisés de près de 100 km de diamètre sont restés en place pendant plusieurs jours. C'est ainsi qu'a été mise en évidence la capture des particules chargées par le champ magnétique terrestre; c'est pourquoi ce phénomène est parfois appelé «l'effet Argus».

4. Fusées et satellites. — L'altération de l'atmosphère peut être mesurée «sur place» par des compteurs adéquats portés par des ballons (20) ou par des fusées jusque dans les zones intéressées. Mais un moyen encore plus puissant, quoique d'un emploi jusqu'ici réservé à certains privilégiés, consiste dans l'emploi des satellites artificiels de la Terre dont les orbites peuvent couper les zones où se forment les ceintures d'électrons. Si les satellites sont munis des compteurs voulus, ils transmettent par télémesure la valeur de la densité électronique des régions qu'ils traversent.

Le satellite Telstar a détecté la ceinture de radiations créée par l'explosion russe du 22 octobre 1962 et a montré qu'elle s'étendait de 5500 km à 20 000 km d'altitude à l'équateur magnétique; on a pu évaluer le flux électronique capturé à une valeur comprise entre  $10^{26}$  et  $10^{27}$  électrons. Telstar et Explorer XV ont aussi détecté la ceinture créée par l'explosion du 28 octobre 1962; elle était cette fois limitée à 16 000 km d'altitude et le nombre d'électrons capturés plus faible que dans l'explosion du 22 octobre. Explorer XV a aussi étudié la ceinture formée après l'explosion du 1<sup>er</sup> novembre 1962; elle se situait à 5400 km environ et n'avait pas plus de quelques centaines de kilomètres d'épaisseur.

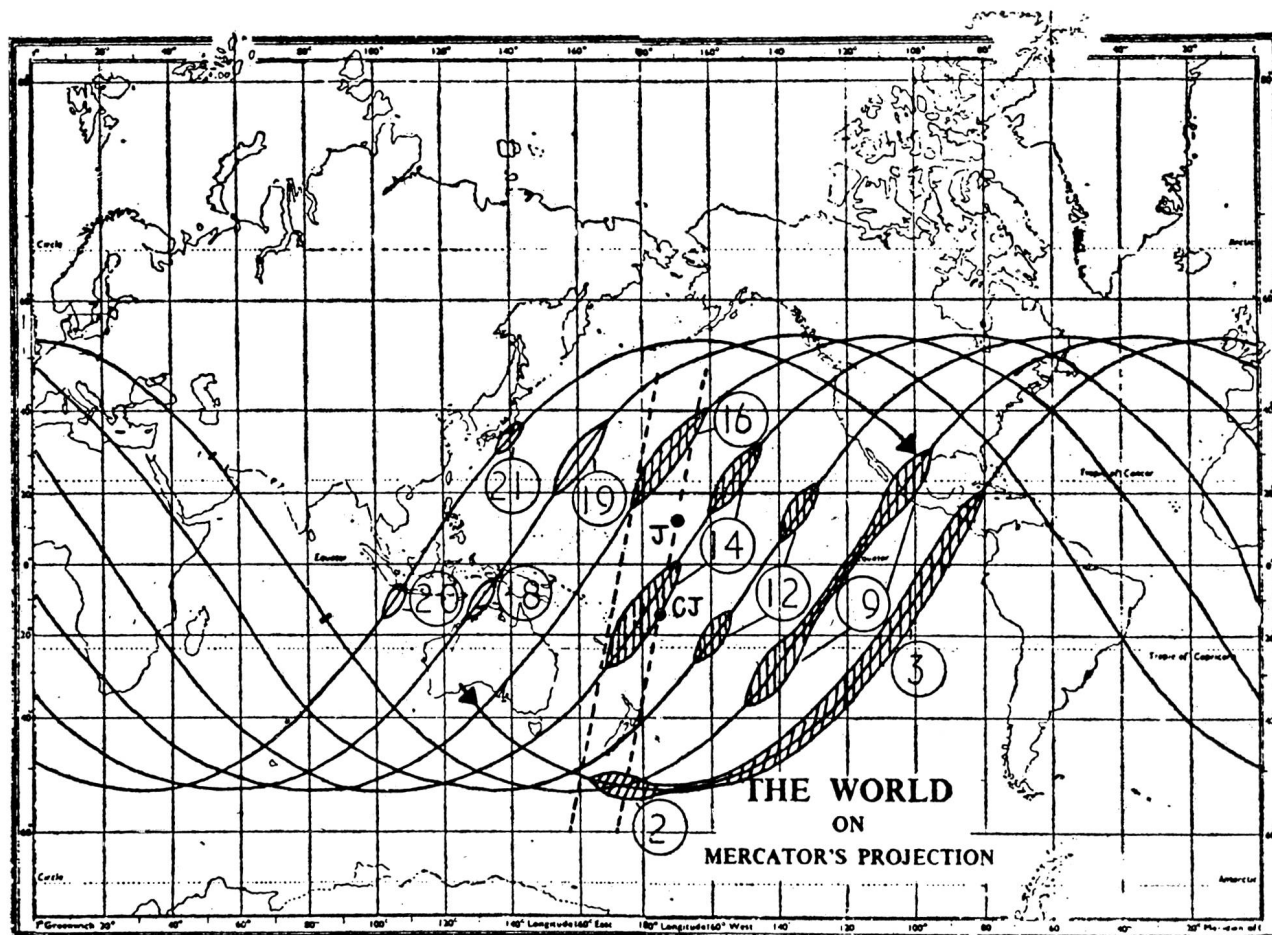


Fig. 4. Trajectoire du satellite Ariel après l'explosion du 9 juillet 1962. Les parties hachurées indiquent les zones où le compteur de radiations était proche de la saturation. On a

indiqué la position de l'île Johnston (J) et de son conjugué magnétique (C.J.). (D'après la référence [21].)

L'explosion du 9 juillet 1962 a donné lieu à une étude remarquable de la densité électronique par le satellite anglo-américain Ariel (21). Il comportait deux compteurs de particules permettant de compter les protons d'une énergie au moins égale à 43 MeV et les électrons d'une énergie au moins égale à 4,7 MeV. La figure 4 représente la trajectoire du satellite et mentionne diverses observations caractéristiques. Ces observations ont montré que les électrons issus de l'explosion devaient s'étendre jusqu'à 5 ou 6 rayons terrestres. On sait d'ailleurs que le satellite Ariel a souffert de ces passages dans les ceintures de radiations, ses cellules solaires ayant été endommagées.

5. Bruit atmosphérique. — L'atmosphère est le siège de perturbations radioélectriques naturelles qu'on désigne sous le nom de «bruits». Les orages, par exemple, sont une source importante de tels bruits. L'enregistrement systématique du bruit atmosphérique dans diverses gammes d'ondes est une source de renseignements utiles pour les géophysiciens. Or les explosions nucléaires ont fait apparaître des anomalies sur les enregistrements effectués. Certains observateurs ont signalé une augmentation du bruit atmosphérique (14) ressemblant à celle qui accompagne une éruption solaire et due à l'ionisation par les rayons X émis lors de l'explosion. En revanche, on a observé des affaiblissements du bruit atmosphérique dus à l'absorption par l'apport supplémentaire d'électrons dans la région D de l'ionosphère (26).

6. Aurores. — L'augmentation d'ionisation consécutive aux explosions à haute altitude est susceptible de provoquer des aurores. Elles ont été observées à la suite des premières expériences à l'île Johnston (1958), à Honolulu d'une part et à Appia de l'autre, dans l'hémisphère sud, au voisinage du conjugué magnétique (7). On en a déduit que l'ionisation vers 80 à 100 km d'altitude avait été multipliée par 10. Les observateurs néo-zélandais (16) ont décrit avec une grande précision les aurores observées en de nombreux points situés au voisinage du méridien magnétique de l'île Johnston, qui passe par la Nouvelle-Zélande. Le phénomène a duré un quart d'heure.

7. Champ électrique et champ magnétique terrestre. — Des perturbations du champ électrique et du champ magnétique terrestre accompagnent les explosions à haute altitude. Elles ont été particulièrement sensibles dans le Pacifique central lors des expériences de l'île Johnston et spécialement lors de l'explosion du 9 juillet 1962 (17) (22) (23).

8. Résonance de la cavité Terre-ionosphère. — L'ensemble Terre-ionosphère forme une cavité limitée par deux surfaces qui se comportent pour certaines ondes comme de bons conducteurs. Cette cavité peut donc entrer en résonance sur certaines fréquences évidemment très basses puisque les longueurs d'ondes correspondantes doivent être d'un ordre de grandeur comparable aux dimensions de la cavité. On a pu les calculer et on a vérifié que le bruit atmosphérique, lorsqu'on l'enregistre, donne des maximums pour ces fréquences. Or la perturbation ionosphérique causée par une explosion nucléaire à haute altitude, en modifiant l'ionosphère, doit modifier les fréquences de résonance de la cavité. C'est ce qu'ont, en particulier, constaté des expérimentateurs français (24).

## Conséquences

L'étude sommaire qui précède concerne seulement deux types d'effets des explosions nucléaires sur les télécommunications: ceux qui résultent directement des phénomènes électriques et magnétiques engendrés par ces explosions et ceux qui sont les conséquences de l'altération qu'elles causent à l'atmosphère terrestre.

Nous n'avons pas parlé des effets mécaniques et thermiques qui peuvent naturellement perturber le fonctionnement des matériels de télécommunications, voire provoquer leur destruction, parce qu'il n'y a pas là de caractère spécifique de ces matériels. Il n'en serait pas de même en ce qui concerne les effets de la radioactivité immédiate ou résiduelle dont l'action peut amener une modification des propriétés de certains composants, en particulier des éléments comportant des semi-conducteurs, tels que les transistors; mais ce point mériterait à lui seul une importante étude qui dépasserait le cadre de cet exposé.

### 1. Effets de l'impulsion électromagnétique.

Par ce terme nous désignons, comme cela semble maintenant classique, les effets électriques et magnétiques qui accompagnent l'explosion nucléaire, à l'instant même où elle se produit. On peut en attendre les conséquences suivantes:

a) Création d'un parasite qui apportera une perturbation dans certaines transmissions, principalement dans les gammes d'ondes qui renferment les composants spectrales les plus intenses de l'impulsion, c'est-à-dire en ondes longues. Mais ce parasite ne se distinguera guère, à ce point de vue, d'une décharge atmosphérique.

b) Action destructrice sur certains circuits dans les matériels de télécommunications situés à faible distance du point d'explosion. Pour les matériels non protégés contre les effets mécaniques, thermiques ou radioactifs, il semble que ces derniers effets doivent, de toutes façons, l'emporter sur l'effet électrique. Mais il n'en pas de même dans le cas d'installations enterrées. Celles-ci peuvent fort bien résister aux effets du souffle, de la chaleur ou de la radioactivité contre lesquels elles ont été munies de la protection adéquate, mais souffrir des tensions et des courants induits dans le sol dont nous avons parlé ci-dessus. Claquages des diélectriques dans les câbles, fusion des conducteurs, fonctionnement des disjoncteurs, mise hors service de composants à semi-conducteurs et détérioration d'éléments magnétiques peuvent en être les résultats. Il s'ensuivra une interruption des transmissions, interruption qui, même si elle est de courte durée, peut avoir des conséquences fatales, étant donné qu'elle se produira à un moment particulièrement critique. Un dispositif dit à l'épreuve des explosions nucléaires devra donc comporter une parade contre les effets de l'impulsion électromagnétique. Cette parade a déjà fait l'objet d'études (25) qui aboutissent à préconiser des procédés de protection inspirés de ceux que l'on met en œuvre contre la foudre. Notons que, dans les ouvrages ainsi à l'épreuve, la protection contre les effets de l'impulsion électromagnétique met en cause non seulement les matériels de transmission mais tous les conducteurs qui pénètrent dans les ouvrages, soit pour l'alimentation en éner-

gie électrique, soit pour tout autre objet; on voit, par conséquent, qu'il s'agit là d'un problème assez complexe.

## 2. Altération de l'atmosphère terrestre.

C'est dans le domaine des radiocommunications qu'interviennent les effets électriques les plus considérables des explosions nucléaires. Ils ont pour origine les différentes causes d'ionisation de l'air que nous avons passées en revue dans l'étude ci-dessus. D'une façon générale on peut dire que l'altération de l'atmosphère aura d'autant plus d'importance qu'elle se situera dans une région plus voisine de celles où les phénomènes naturels entretiennent un nombre notable de particules chargées, c'est-à-dire qu'elle intéressera davantage l'ionosphère. Nous résumons rapidement les effets produits dans les différentes gammes d'ondes.

a) Ondes myriamétriques (bande 4 ou V.L.F., fréquences de 3 à 30 kHz). La propagation de ces ondes est relativement peu affectée. Il peut se produire un affaiblissement temporaire mais aussi parfois un renforcement de champ, suivant la disposition des zones perturbées par rapport au trajet de la liaison considérée. Les zones qui interviennent pour ces ondes sont celles de la basse ionosphère. Un phénomène très caractéristique pour ces ondes est le changement de phase qu'elles subissent lorsque l'ionisation supplémentaire abaisse brusquement l'altitude de réflexion (voir ci-dessus, IV, 2.).

b) Ondes kilométriques (bande 5 ou L.F., fréquences de 30 à 300 kHz). Ces ondes pénètrent davantage dans le milieu ionisé et subissent par conséquent un affaiblissement plus marqué que les ondes myriamétriques. Cet affaiblissement augmente avec la fréquence, et la portée effective d'un émetteur peut être ramenée à celle de l'onde de sol. (Exemple des émissions Decca citées en IV, 2.)

c) Ondes hectométriques (bande 6 ou M.F., fréquences de 300 à 3000 kHz). En propagation ionosphérique les effets sont importants. On a pu constater des affaiblissements atteignant 30 dB, le retour aux conditions normales demandant plus de 48 heures. L'exemple d'évanouissement total, pendant 20 minutes, cité par les observateurs néo-zélandais (voir ci-dessus, IV, 2.) concerne cette gamme. La portée effective d'un émetteur peut, dans ces conditions, être temporairement ramenée à celle de l'onde de sol.

d) Ondes décimétriques (bande 7 ou H.F., fréquences de 3 à 30 MHz). Ces ondes sont celles des transmissions à très grande distance en propagation ionosphérique. Aussi les liaisons assurées dans cette gamme seront-elles très affectées par la perturbation de l'ionosphère. Des affaiblissements pouvant aller jusqu'à l'interruption totale affecteront la liaison pendant un intervalle de temps d'une durée variable entre quelques minutes et quelques heures et commençant également à un moment variable entre quelques minutes et quelques heures après l'explosion, suivant la situation géographique de la liaison.

e) Ondes métriques (bande 8 ou V.H.F., fréquences de 30 à 300 MHz). Ces ondes servent à assurer des liaisons de deux sortes:

- à vue directe, par faisceaux hertziens,
- par diffusion ionosphérique.

Pour les premières il peut y avoir une perturbation de très courte durée, immédiatement consécutive à l'explosion si celle-ci s'est produite sur le trajet du faisceau ou en son voisinage immédiat.

Pour les secondes, dans la gamme officiellement réservée à ces liaisons (30 à 40 MHz), on peut s'attendre à des affaiblissements de longue durée dans le cas d'explosions puissantes dans la région D de l'ionosphère. Ces inconvénients seraient atténués par l'emploi de fréquences plus élevées (70 MHz ou davantage) à condition de réduire les prétentions en portée.

f) Ondes décimétriques et centimétriques (bandes 9 et 10 ou U.H.F. et S.H.F., fréquences de 300 à 3000 MHz et de 3000 à 30 000 MHz). Les liaisons réalisées sur ces ondes sont des liaisons à vue directe par faisceaux hertziens ou des liaisons par diffusion troposphérique. Elles ne doivent subir que des perturbations de très courte durée dans le cas d'explosions effectuées au voisinage des trajets des faisceaux.

### 3. Effets sur les radars.

Les radars fonctionnent, pour la plupart, dans les bandes 8, 9 ou 10. Ils ne subiront donc que très peu de perturbations. Cependant, si on emploie des radars en ondes décimétriques, on constatera un affaiblissement et une distorsion du parcours des ondes qui faussera les mesures. Les volumes très fortement ionisés donneront des échos dans cette même gamme, comme on l'a constaté lors des expériences de la série Argus. Enfin les nuages radioactifs donneront aussi des échos pour les radars fonctionnant dans les gammes d'ondes les plus courtes (ondes centimétriques et millimétriques).

### Conclusion

L'action purement électrique des explosions nucléaires sur les télécommunications peut être considérée comme importante.

Les effets directs de l'impulsion électromagnétique doivent être pris en considération surtout dans le cas d'explosions proches du sol, vis-à-vis des installations qui sont censées être dotées d'une «protection nucléaire».

Quant aux effets d'altération de l'atmosphère terrestre ils peuvent, même pour une seule explosion si sa puissance est suffisante et son altitude adéquate, prendre un caractère mondial dans un délai très bref et pour une durée relativement longue. L'emploi des radiocommunications est, dans ce cas, profondément perturbé, tout particulièrement dans les gammes qui font appel à la propagation ionosphérique.

En résumé, l'étude d'un système de télécommunications ne peut, à l'heure actuelle, être entreprise en négligeant cet aspect des phénomènes liés à une explosion nucléaire.

Ingénieur militaire en chef A. Flambard  
(Revue de Défense Nationale, Nancy)