

L'emploi des walkies-talkies dans la mine

Het gebruik van walkie talkies in de mijn

R. LIEGEOIS *

1. La radio n'est pas destinée à remplacer le téléphone et les autres moyens de communication; elle est un moyen complémentaire de transmission caractérisé par le confort, la rapidité, la sécurité.

Les réseaux téléphoniques de mine présentent quelques inconvénients :

- Les communications sont coupées lorsqu'il y a court-circuit, mise à la terre ou rupture du câble.
- Si les postes sont à des points fixes, on risque de ne pas entendre les appels et il faut soi-même se déplacer pour appeler.
- Si on dispose d'un combiné portatif, on peut se brancher assez facilement sur la ligne (avec une pince à picots par exemple), mais on ne peut pas être appelé pendant que l'on circule.

Pour la transmission des ordres, les cordons de sonnette ont les défauts ci-après :

- Celui qui reçoit le signal ne connaît pas à l'avance le nombre de coups et doit attendre avant d'exécuter un ordre. Généralement, on exige qu'il répète le signal.
- Des signaux peuvent être envoyés accidentellement, notamment par chute de pierres sur les cordons de sonnettes. Le cordon de sonnette peut être coincé ou rompu.
- Il n'y a pas de contrôle possible des appels importuns car les appels comme les réponses sont anonymes.

1. De radio is niet bestemd om de telefoon en de andere telecommunicatiesystemen te vervangen. Hij is een bijkomend middel van overbrenging, gekenmerkt door het comfort, de snelheid en de veiligheid.

De gangbare telefoonnetten vertonen enkele schaduwzijden :

- De verbindingen worden onderbroken wanneer er kortsluiting, aardverbinding ofwel onderbreking van de kabel is.
- Indien de telefoonposten zich op vaste punten bevinden, loopt men het risico de oproepen niet te horen en is het noodzakelijk dat men zich verplaatst om een oproep uit te voeren.
- Indien men over een draagbaar toestel beschikt, kan men het vrij gemakkelijk op de lijn aansluiten (met een karteltang bijvoorbeeld), maar men kan niet opgeroepen worden terwijl men in beweging is.

Voor de overbrenging van de bevelen hebben de belkabels de volgende fouten :

- Degene die het signaal ontvangt kent vooraf het aantal slagen niet en moet wachten vooraleer een bevel uit te voeren. Gewoonlijk wordt hij verplicht het signaal te herhalen.
- Er kunnen toevallig signalen uitgezonden worden, vooral bij steenval op de belkabels.
- De belkabel kan geblokkeerd ofwel onderbroken worden.
- Er is geen controle mogelijk van de ongelegen voorkomende signalen want zowel de oproepen als de antwoorden zijn anoniem.

* Ingénieur Civil des Mines, Ingénieur Géologue, attaché à l'Iniex, « Bois du Val-Benoît », rue du Chéra, B-4000 Liège.

* Burgerlijk Mijningénieur, Aardkundig Ingenieur, verbonden aan het Nieb, « Bois du Val-Benoît », rue du Chéra, B-4000 Liège.

— Le temps mis à transmettre les signaux et à les répéter par mesure de sécurité est du temps « perdu » pour le travail. Les combinaisons du code étant limitées, on éprouve des difficultés à effectuer de petits mouvements avec la cage dans le puits, des berlines dans le transport ou des engins d'abattage en taille.

Les lampes de signalisation en taille sont bien utiles, mais présentent les défauts inhérents aux systèmes de liaison par fils et ne pourront jamais concurrencer l'information verbale directe.

Avec la radio, on peut appeler sélectivement n'importe qui n'importe où; les messages sont immédiats et individualisés; l'information atteint sans retard celui qui doit être informé. Les manœuvres les plus délicates peuvent être demandées et exécutées promptement et sans risque. Un mineur isolé, du service de sécurité ou d'une équipe de sauvetage, peut rester constamment en contact radio avec une station de base.

La radio peut donc rendre des services dans les travaux préparatoires, dans les puits et burquins, dans les galeries de transport, dans les tailles et durant les opérations de sauvetage.

2. La raison principale de l'absence des walkie-talkies dans la mine est la forte atténuation des ondes radio qui sont absorbées par les roches et qui ne passent pas facilement les obstacles à la propagation tels que les tournants et les encadrements métalliques. En surface, c'est principalement dans l'industrie des transports que l'on rencontre des difficultés similaires. Avec les locomotives des chemins de fer par exemple, on perd le contact radio lorsqu'elles circulent dans les tunnels ou sur les tronçons électrifiés. Dans ces cas, on s'en tire en plaçant le long des voies des conducteurs servant de guides d'ondes. En faisant usage de stations fixes puissantes et de nombreux relais, on envoie des ondes radio guidées le long de la voie et on les capte sur les locomotives par des stations mobiles également puissantes dont les antennes ne s'écartent guère du guide d'ondes. Il existe une installation de radiophonie sur locomotives dans le réseau de transport électrifié du siège Winterslag de la N.V. Kempense Steenkolenmijnen.

Dans les tailles, le système le plus élaboré est constitué par le « Gigaphone » et le « Picophone »*. Avec les équipements disponibles actuellement, il faut s'approcher du câble guide d'on-

* Le Cerchar fait construire cette année une première série d'une version améliorée comprenant des X phones et des Y phones.

— De tijd die nodig is om de seinen door te geven en om ze te herhalen als veiligheidsmaatregel is voor het werk « verloren » tijd. Omdat de combinaties van de code beperkt zijn, heeft men moeilijkheden om de kleine bewegingen met de kooi in de schacht uit te voeren, met de mijnwagens in het vervoer en met de winmachines in de pijler.

De signalisatielampen in de pijler zijn wel nuttig maar vertonen de nadelen die noodzakelijk eigen zijn aan de systemen van verbinding door draden en kunnen nooit opwegen tegen de rechtstreekse mondelinge informatie.

Met de radio kan men om het even wie, om het even waar, selectief oproepen. De berichten zijn rechtstreeks en persoonlijk, de informatie bereikt zonder vertraging degene die moet worden opgeroepen. De moeilijkste operaties kunnen aangevraagd en zeer snel en zonder risico uitgevoerd worden. Een geïsoleerde mijnwerker, behorend tot de veiligheidsdienst of tot een reddingsploeg kan steeds in radiokontakt blijven met een radiostation.

De radio kan dus diensten bewijzen tijdens de voorbereidingswerken, in de schachten en opbraken, in de transportgalerijen, in de pijlers en gedurende de reddingsoperaties.

2. De hoofdreden voor de afwezigheid van de walkie talkies in de mijn is de zeer hoge verzwakking van de radiogolven die opgeslorpt worden door de gesteenten en die niet gemakkelijk de voortplantingshindernissen doordringen, zoals de bochten en de metalen omlijstingen. Bovengronds is het hoofdzakelijk in de verkeersindustrie dat men gelijknamige moeilijkheden ontmoet met de locomotieven van de spoorwegen b.v., verliest men het contact wanneer zij zich in de tunnels ofwel op de geëlectriceerde trajecten bewegen. In deze gevallen neemt men zijn toevlucht tot het plaatsen van geleiders die dienen als golfgeleiders over de lengte van de sporen. Door gebruik te maken van vaste krachtige stations en met talrijke relais, zendt men de radiogeleide golven over de lengte van het spoor en men ontvangt ze op de locomotieven met beweegbare, eveneens sterke stations waarvan de antennes zich niet veel van de golfgeleider verwijderen. Er bestaat een installatie van draadloze telefonie op locomotieven van een geëlectriceerd vervoernet in de zetel Winterslag van de N.V. Kempense Steenkolenmijnen.

In de pijlers is het meest uitgewerkte systeem samengesteld uit « Gigaphone » en « Picophone »*. Met de heden ten dage beschikbare uitrustingen, moet men de golfgeleider benaderen om

* Dit jaar laat het CERCHAR een eerste reeks van een versterkte versie bouwen, die X-foons et Y-foons omvat.

des pour pouvoir appeler, de sorte que l'on ne dispose que d'une liberté limitée et l'appel d'un poste mobile n'est pas toujours possible.

3. Il y a quelques années, Inichar s'est donné pour tâche d'étudier d'une manière systématique la propagation des ondes électromagnétiques dans les chantiers souterrains. On a fait un grand nombre d'essais avec du matériel courant et avec du matériel spécial (fig. 1). Des émetteurs-récepteurs Téléchar et Saitfone ont été agréés pour la mine ainsi qu'un ensemble de télécommande MBLÉ (fig. 2-3). Des câbles bifilaires ont été fabriqués par la Manufacture de Câbles et Caoutchouc d'Eupen pour servir de guides d'ondes lors de l'emploi du Téléchar (fig. 4). Par la suite, et avec l'aide financière de la Commission des Communautés Européennes, on a pu constituer un groupe de chercheurs spécialisés et, avec la collaboration des charbonnages, des carrières souterraines et des grandes firmes, intensifier la recherche (fig. 5, 6, 7) sur la propagation des ondes électromagnétiques dans les cavités souterraines.

te kunnen oproepen, zodat men slechts over een beperkte vrijheid beschikt en zodat de oproep van een beweegbare post niet altijd mogelijk is.

3. Reeds enige jaren geleden heeft Inichar op zich genomen systematisch de voortplanting van de elektromagnetische golven in de ondergrondse werkplaatsen te bestuderen. Men heeft een groot aantal proeven met bestaand materieel en met speciaal materieel uitgevoerd (fig. 1). De zenders-ontvangers Téléchar en Saitfone zijn aangenomen voor de mijnen evenals een geheel van afstandsbediening van MBLÉ (fig. 2-3). Tweeaderige kabels werden ontworpen door de Manufacture de Câbles et Caoutchouc d'Eupen om te dienen als golfgeleiders gedurende het gebruik van de Téléchar (fig. 4). Daarna, en met de financiële hulp van de Commissie der Europese Gemeenschappen heeft men een groep van gespecialiseerde vorsers kunnen samenstellen en, met de samenwerking van de kolenmijnen, van de ondergrondse steengroeven en van de grote firma's het onderzoek over de voortplanting van de elektromagnetische golven in ondergrondse ruimten kunnen uitbreiden (fig. 5, 6, 7).

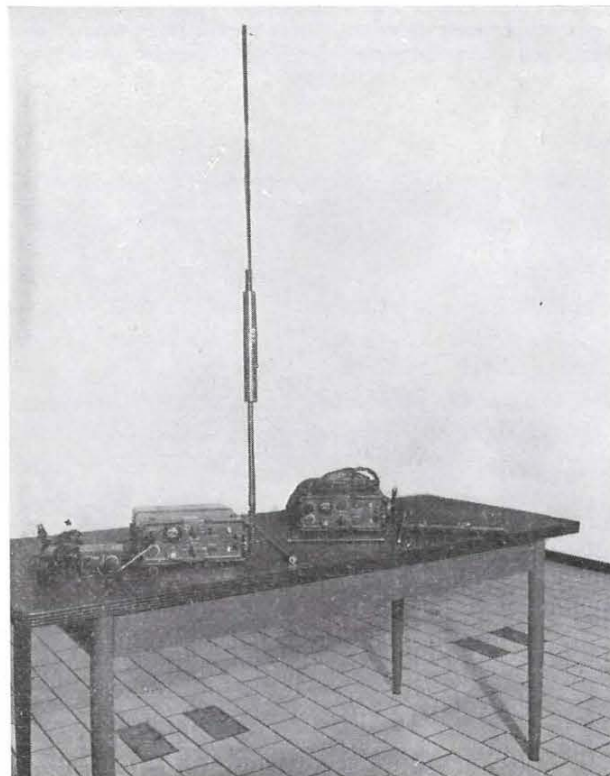


Fig. 1.

Emetteurs-récepteurs américains de 5 W de fréquence réglable entre 2 et 15 MHz. Antenne réglable selon la fréquence d'accord. Combiné écouteur-microphone peu sensible aux bruits ambiants.

Amerikaanse zenders-ontvangers van 5 W met regelbare frekwentie tussen 2 en 15 MHz. Regelbare antenne volgens de overeenkomstige frekwentie. Combinatie van koptelefoon-microfoon die weinig gevoelig is voor de omgevende geluiden.

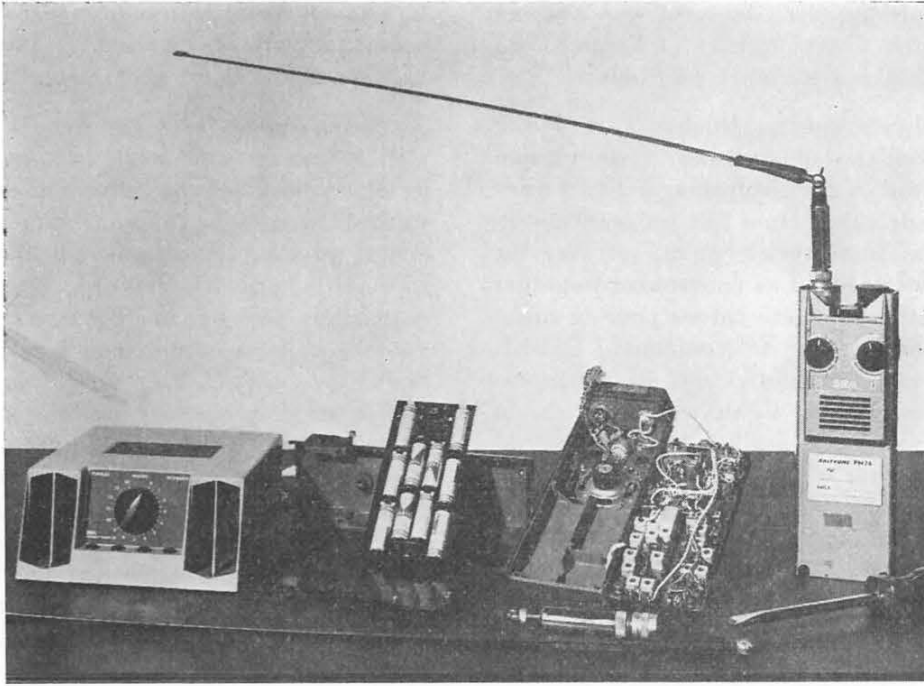


Fig. 2.

Emetteur-récepteur SAITFONE PN 74 agréé pour l'emploi dans des endroits où il y a risque d'inflammation de gaz. Antenne ruban. Piles ou batteries rechargeables (chargeur à gauche). Puissance voisine de 700 mV. Bonne sensibilité. Robustesse remarquable.

Zender-ontvanger SAITFONE PN 74, aangenomen voor het gebruik op plaatsen waar er gevaar voor gasontvlaming bestaat. Lintantenne. Herlaadbare accu's of batterijen (lader links). Vermogen van ongeveer 700 mV. Goede gevoeligheid. Opmerkelijke stevigheid.

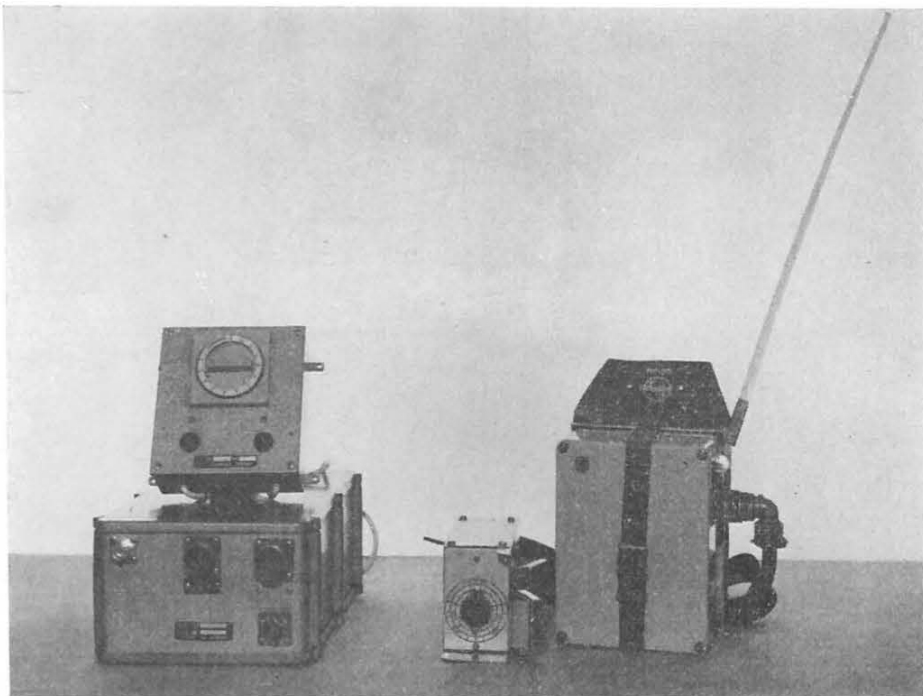


Fig. 3.

Emetteur de télécommande Philips MBLE avec antenne souple (à droite), boîtier de commande (au milieu), récepteur (en bas à droite) et chargeur avec minuterie (sur le récepteur).

Afstandsbedieningszender Philips MBLE met soepele antenne (rechts), bedieningsdoos (midden), ontvanger (beneden rechts) en lader met minutowijzer (op de ontvanger).

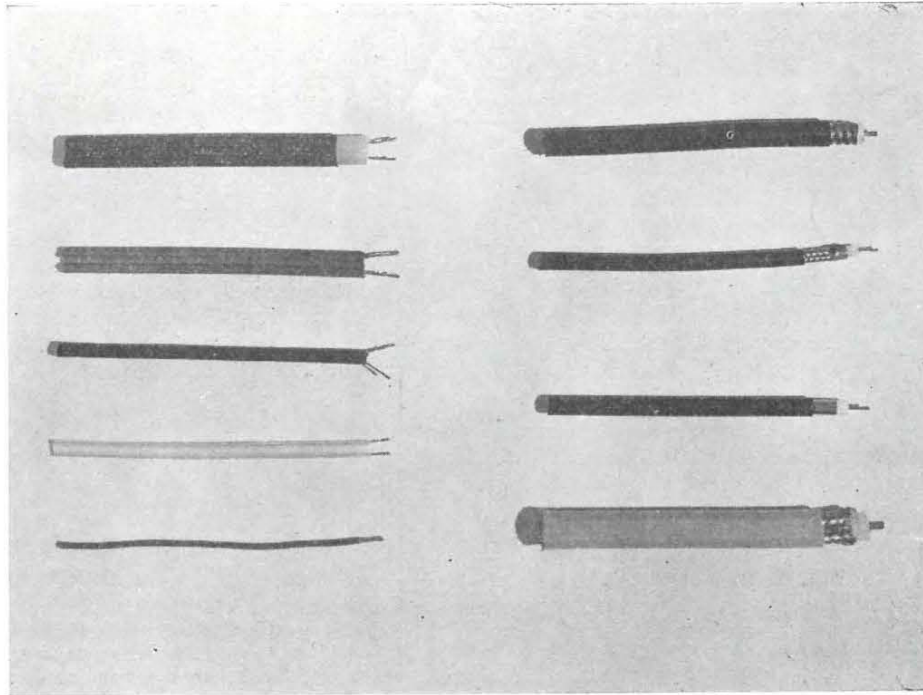


Fig. 4.

Câbles utilisés comme guides d'ondes :

- bifilaires côte à côte et monofilaire (à gauche),
- coaxiaux à conducteur extérieur fermé ou à tresse (à droite).

Kabels, gebruikt als golfgeleiders :

- tweeadelige, « zij aan zij », en éénaderige (links),
- coaxiale met langs buiten gesloten geleider of met vlecht (rechts).

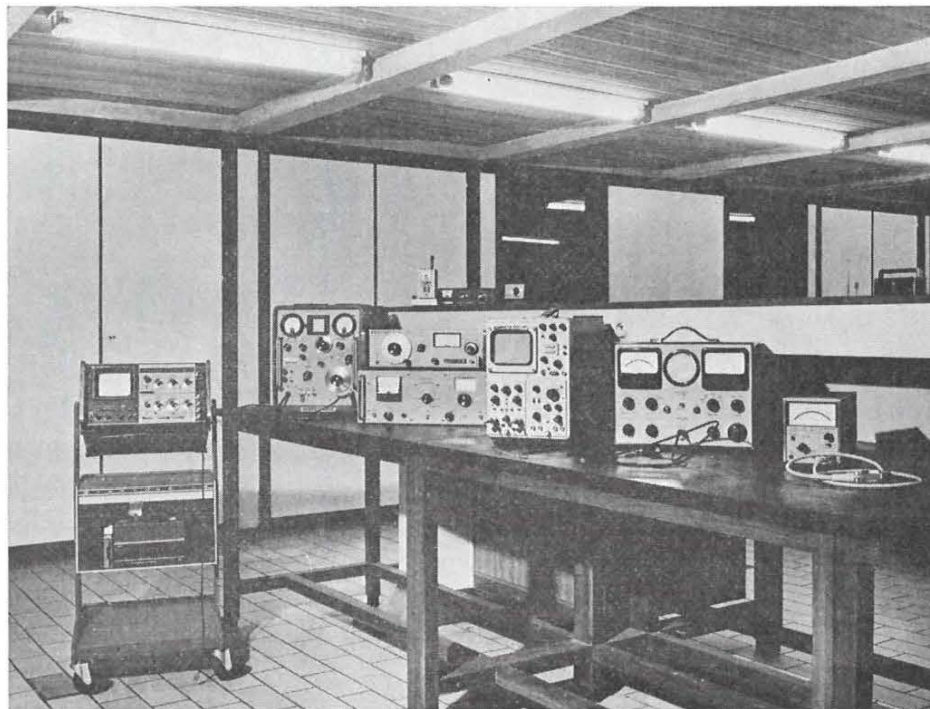


Fig. 5.

Vue partielle du matériel de laboratoire POE (propagation des ondes électromagnétiques).

Sur le chariot : analyseur de spectre et camera polaroïd.

Sur la table : générateur haute fréquence, générateur basse fréquence posé sur l'amplificateur de puissance haute fréquence, oscilloscope, voltmètre, hétérodyne et wattmètre.

Sur la tablette : grid dip meter, reflected power meter et atténuateur.

Gedeeltelijk gezicht van het POE-laboratoriummateriaal (propaganda ter ontwikkeling der elektronica).

Op de wagen : spectrumanalysator en polaroid-camera.

Op de tafel : generator van hoge frekwentie, generator van lage frekwentie, geplaatst op de versterker, met hoog frekwentievermogen, oscilloscoop, heterodyne voltmeter en wattmeter.

Op het tafeltje : grid dip meter, reflected power meter en toestel voor het verzwakken van een lijn.

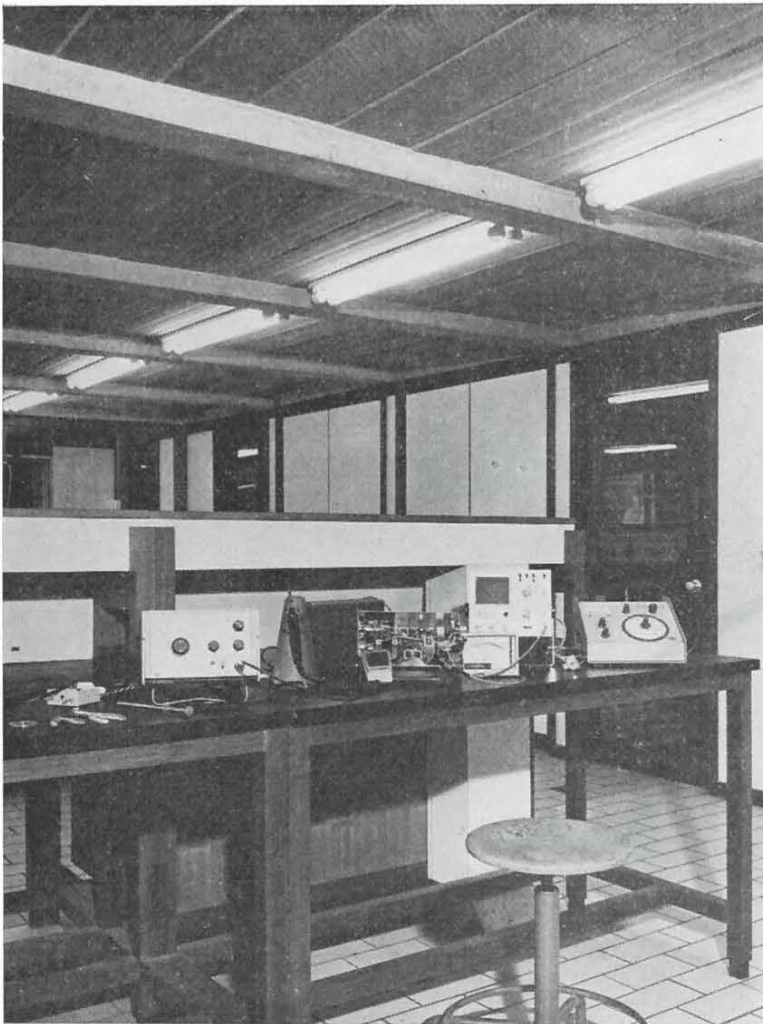


Fig. 6.

Vue partielle du matériel
de laboratoire POE :

Générateur haute fréquence à tension constante, émetteur-récepteur 27 MHz, millivoltmètre électronique devant un oscilloscope portable, pont universel autonome.

Gedeeltelijk gezicht van het
POE-laboratoriummateriaal :

Generator van hoge frequentie met constante spanning, zender-ontvanger 27 MHz, elektronische millivoltmeter voor een draagbare oscilloscoop, autonome universele brug.



Fig. 7.

Vue partielle du matériel
de laboratoire POE :

Sur la table : Q-mètre, vérificateur de câble autonome, voltmètre, chargeur de batterie.
Sur la tablette : mesureur de champ, selfs étalons.

Gedeeltelijk gezicht van het
POE-laboratoriummateriaal :

Op de tafel : Q-meter, autonome kabelcontroleur, voltmeter, batterijlader.
Op het tafeltje : veldmeter, reactantie-elementen.

- Il faut considérer distinctement (fig. 8) :
- les tunnels de liaison entre deux vallées larges (a),
 - les tunnels en cul-de-sac dans un massif rocheux (b),
 - les tunnels sous le niveau du sol (c),
 - les carrières souterraines (d),
 - les puits de mine et les gouffres (e, f),
 - les galeries situées à grande profondeur (g),
 - les longues tailles des mines profondes (h).

- Men moet verschillende gevallen onderscheiden (fig. 8) :
- de verbindingstunnels tussen twee wijde valleien (a),
 - de doodlopende gangen in het gebergte (b),
 - de ondergrondse tunnels (c),
 - de ondergrondse groeven (d),
 - de mijnschachten en de afgronden (e, f),
 - de galerijen, gelegen op grote diepte (g),
 - de lange pijlers van de diepe mijnen (h).

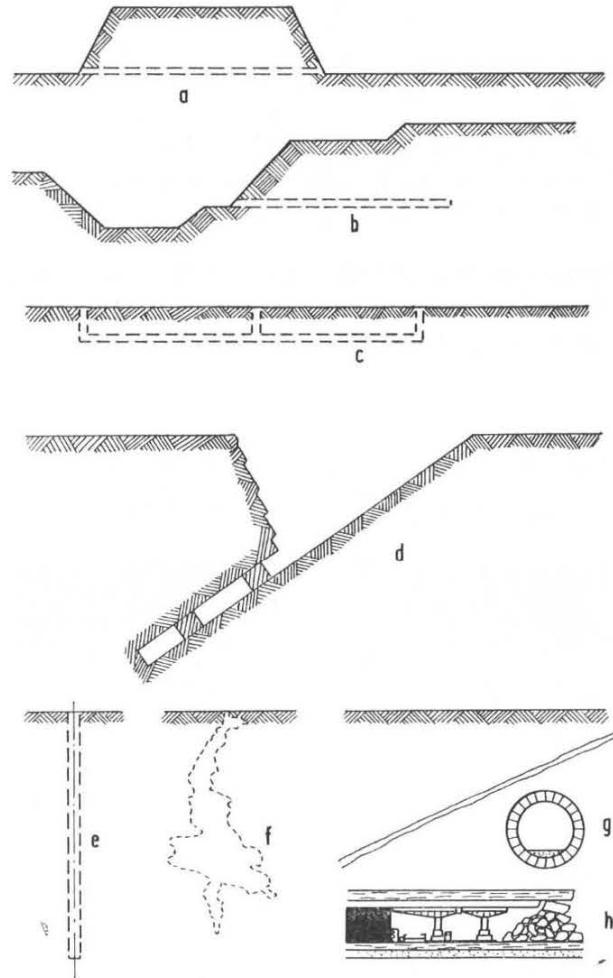


Fig. 8.
Cavités souterraines de divers types.
Ondergrondse holtten van verschillend type.

Sur terrain plat et découvert, une onde radio se propage de manière égale dans tout l'« hémisphère » aérien qui environne l'antenne émettrice. L'énergie est dissipée dans un « demi-espace » limité par le « plan » de sol (fig. 9).

Op vlak en naakt terrein, plant een radiogolf zich gelijkmatig voort in het « halfrond » dat de zender-antenne omgeeft. De energie wordt uitgestraald in een « halve ruimte », beperkt door het grondplan (fig. 9).

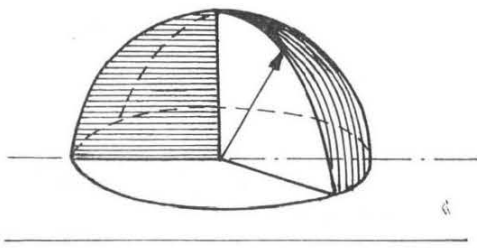


Fig. 9.
Dissipation dans un demi-espace.
Uitstraling in een « halve-ruimte ».

Dans une galerie, la propagation résulte de la combinaison de plusieurs modes de propagation, à savoir:

- 1° la propagation libre rayonnée par une antenne omnidirectionnelle ou par une antenne directionnelle;
- 2° la propagation entre plans parallèles (effet sandwich) (fig. 10);
- 3° la propagation « cylindrique » due à la forme tubulaire des galeries;
- 4° la propagation le long du conducteur d'ondes existant ou placé dans la galerie;
- 5° la propagation par l'effet coaxial résultant de l'existence simultanée d'un conducteur et des parois de la galerie. En général, on est loin du cas idéal parce que le guide d'onde est décentré, la section n'est pas circulaire, la paroi n'est pas lisse et des obstacles modifient la symétrie de la section (fig. 11).
- 6° la propagation par réflexion et par diffraction (fig. 12);
- 7° la propagation par traversée des terrains.

In een galerij is de voortplanting het resultaat van de combinatie van verschillende voortplantingswijzen, namelijk :

- 1° De vrije voortplanting, uitgestraald door een « omni-directionele » antenne ofwel een « directionele »;
- 2° De voortplanting tussen parallelle vlakken (sandwich-effect) (fig. 10);
- 3° De « cilindrische » voortplanting, te wijten aan de buisvormige galerijen;
- 4° De voortplanting langs een bestaande of geplaatste golfgeleider in een galerij;
- 5° De voortplanting door het coaxiale effect, dat voortvloeit uit het gelijktijdig bestaan van een geleider en van de wanden der galerij. In het algemeen is men ver van het ideale geval omdat de golfgeleider excentrisch is, de sectie niet cirkelvormig is, de wand niet glad is en omdat de hindernissen de symmetrie van de sectie wijzigen (fig. 11).
- 6° De voortplanting door weerkaatsing en breking (fig. 12);
- 7° De voortplanting doorheen de gesteenten.

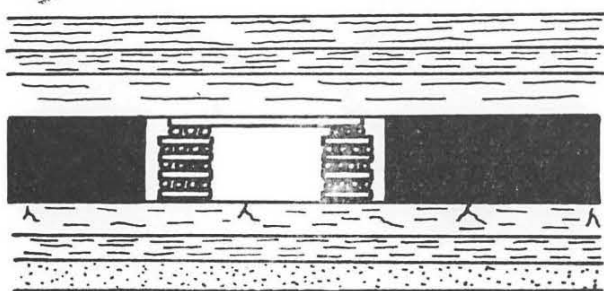


Fig. 10.

Propagation entre plans parallèles.
Voortplanting tussen parallelle plannen.

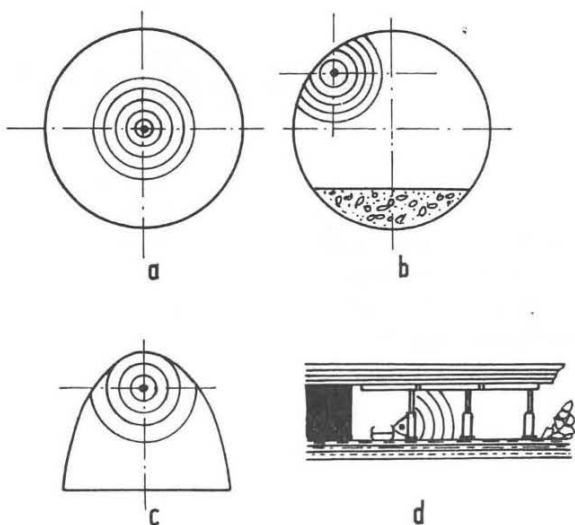


Fig. 11.

Propagation coaxiale parfaite (a) et tronquée (b, c, d).
Voltooide (a) en afgeknotte (b, c, d) coaxiale voortplanting.

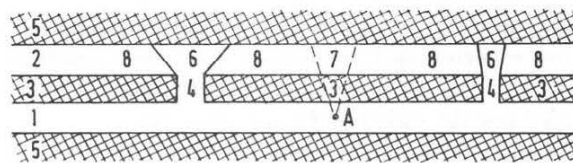


Fig. 12.

Propagation par diffraction (4-6) à l'emplacement d'une recoupe entre deux galeries et par traversée des terrains (A-3-7) d'un pilier minier entre galeries proches.

Voortplanting door buiging (4-6) bij de plaatsing van een verbinding tussen twee galerijen en door het doorheen gaan van de gesteenten (A-3-7) van een mijnpijler tussen naast elkaar gelegen galerijen.

Dans une galerie creusée au rocher sans armement d'aucune sorte, la propagation libre est généralement limitée à une courte distance. Cette distance ne dépasse guère 20 m avec les walkie-talkies, les plus fréquents travaillant à 27 MHz. Les fréquences plus élevées portent plus loin, mais prennent difficilement les tournants et la communication entre deux correspondants peut être interrompue par le passage d'un homme entre les deux émetteurs-récepteurs.

Dans les galeries d'exploitation, il y a généralement des tuyauteries et des câbles qui facilitent un peu la propagation, mais il y a surtout des cadres de soutènement métalliques et divers objets métalliques, tels que les wagons de mine, qui contrarient la propagation.

Dans tous les cas, on a constaté qu'il y a intérêt à placer des guides d'ondes spéciaux dans les galeries de mine où les rayons de courbure sont souvent très courts, l'absorption est importante, les bruits ambiants et les parasites sont gênants, la distance entre les antennes et les porteurs d'ondes varie constamment, les antennes doivent être peu encombrantes et de préférence non saillantes, le matériel est soumis à des contraintes mécaniques très sévères, l'humidité et l'empoussièrement atteignent des taux élevés, etc.

Nous distinguons trois systèmes de guides d'ondes (fig. 13).

- 1° Les systèmes à un câble conducteur ou systèmes monofilaires (a).
- 2° Les systèmes à deux conducteurs que l'on peut subdiviser en
 - un système à conducteurs côte à côte (b),
 - un système à 2 câbles suspendus aux parois opposées (c) et
 - un système à conducteurs coaxiaux (d).
- 3° Les systèmes à plus de deux conducteurs (e).

La ligne monofilaire se caractérise par une intense radiation d'énergie; il en résulte une atténuation importante de l'onde guidée, spéciale-

De vrije voortplanting is over het algemeen beperkt tot een korte afstand in een galerij zonder enige uitrusting, die in het gesteente is gedolven. Deze afstand overschrijdt 20 m niet met de walkie talkies, waarvan de meeste werken op 27 MHz. De hogere frequenties dragen verder, maar nemen moeilijk de bochten en de verbinding tussen twee operatoren kan onderbroken worden door het voorbijgaan van een mens tussen de zenders-ontvangers.

In de wingalerijen zijn er over het algemeen buizen en kabels die de voortplanting een weinig vergemakkelijken, maar er zijn vooral metalen ondersteuningsramen en verschillende metalen voorwerpen, zoals de mijnwagens, die de voortplanting tegenwerken.

In alle gevallen heeft men vastgesteld dat men er belang bij heeft speciale golfgeleiders in de mijngalerijen te plaatsen waar de krommingsstralen vaak zeer kort zijn, de absorptie aanzienlijk, het omgevingsgeluid en de storingen hinderlijk zijn, de afstand tussen de antennes en de golfdragers steeds veranderlijk, de antennes klein moeten zijn en bij voorkeur niet mogen uitsteken, het materieel onderworpen wordt aan zeer hoge mechanische belastingen, de vochtigheid en het stofgehalte hoge waarden bereiken, enz...

Wij onderscheiden drie golfgeleiders-systemen (fig. 13).

- 1° De systemen met één geleider, éénaderige systeem genoemd (a).
- 2° De systemen met twee geleiders die men kan onderverdelen in :
 - een systeem met zij-aan-zij-geleiders (b),
 - een systeem met twee kabels, opgehangen aan de tegenover elkaar liggende wanden (c), en
 - een systeem met coaxiale geleiders (d).
- 3° De systemen met meer dan twee geleiders (e).

De éénaderige lijn wordt gekenmerkt door een intense energieuitstraling; daaruit volgt een belangrijke verzwakking van de geleide golf,

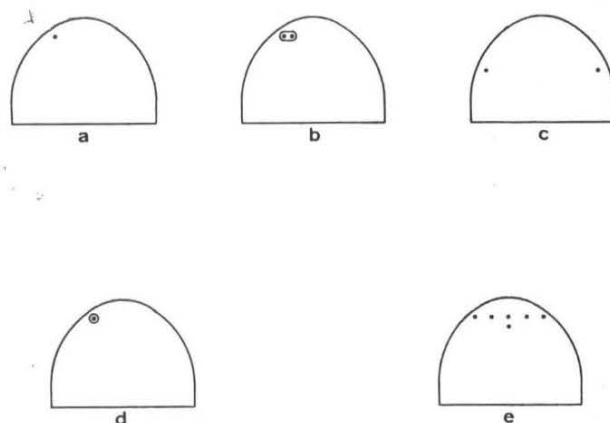


Fig. 13.

Systèmes de guides d'ondes : (a) monofilaire, (b) bifilaire « côte à côte », (c) à deux câbles opposés, (d) à conducteur coaxial, (e) à plus de deux conducteurs.

Golfgeleiderssystemen : (a) éénaderig, (b) tweeadrig « zij-aan-zij », (c) met twee tegengestelde kabels, (d) met coaxiale geleider, (e) met meer dan twee geleiders.

ment lorsque l'on ne peut éviter la proximité de matériaux imparfaitement conducteurs. La ligne bifilaire dont les deux conducteurs sont séparés d'une petite fraction de longueur d'onde se comporte comme une ligne monofilaire lorsqu'elle est excitée par une antenne. Les courants dans les deux conducteurs restent pratiquement en phase lorsque la ligne est éloignée des parois. Quand la ligne est posée contre une des parois, on observe des variations importantes des phases et des amplitudes des courants circulant sur les deux conducteurs. Il apparaît dès lors un nouveau mode de propagation pour lequel les courants sont déphasés et que nous appelons « mode bifilaire ». L'atténuation d'une ligne travaillant en bifilaire est nettement plus faible que l'atténuation d'une ligne travaillant en monofilaire. C'est ce qui explique que l'on ait pu constater de meilleures propagations avec un fil bifilaire posé sur le sol qu'avec un fil monofilaire posé sur le sol.

Puisque l'émetteur excite essentiellement le mode monofilaire, il y a donc intérêt à convertir la majeure partie de l'onde qui se propage selon ce mode en onde guidée selon le mode bifilaire. On peut provoquer artificiellement les changements de mode, soit en augmentant la capacité d'un des conducteurs, soit en retardant d'une demi-période le courant dans un des conducteurs. Nous étudions en ce moment divers dispositifs grâce auxquels on pourrait régler la part de propagation de type monofilaire et la part de type bifilaire.

Lorsqu'on emploie des lignes monofilaires ou bifilaires, on constate quelquefois qu'il y a des ventres et des nœuds de courant et par conséquent des endroits privilégiés et d'autres défavorisés en ce qui concerne la transmission des ondes. Ces endroits ne sont pas toujours prédéterminables; ils peuvent varier en fonction de la position des émetteurs mobiles.

Dès lors, il était intéressant d'étudier l'emploi de longueurs d'ondes relativement grandes et de lignes de longueur inférieure à $\lambda/2$ (fig. 14).

Si on place le long des parois d'une galerie deux câbles parallèles opposés excités d'un côté par un émetteur, on a constitué un doublet A équivalent à un circuit oscillant en série qui présente un courant intéressant dans sa première partie. On a pu démontrer et vérifier dans la pratique qu'il y a intérêt à remplacer la seconde partie par un condensateur C. Celui-ci est ajusté de telle manière que l'ensemble du doublet tronqué repéré B résonne sur la même fréquence que celle du doublet repéré A. Les valeurs de champ mesurées sont supérieures à celles d'origine. Le cou-

vooral wanneer men niet kan voorkomen dat er zich onvolmaakt geleidende materialen in de nabijheid bevinden. De tweeaderige lijn, waarvan de twee geleiders van elkaar gescheiden worden door een afstand die overeenkomt met een kleine fractie van de golflengte, gedraagt zich gelijk een éénaderige lijn wanneer zij opgewekt wordt door een antenne. De stromen in de twee geleiders blijven praktisch in fase wanneer de lijn ver van de wanden hangt. Zodra de lijn tegen één der wanden gehangen wordt, ziet men belangrijke veranderingen optreden in de fazen en in de amplituden van de stromen die beide geleiders doorlopen. Hier verschijnt dus een nieuwe voortplantingswijze waarin de stromen gedefaseerd zijn en welke wij « tweeaderige wijze » noemen. De verzwakking van een lijn, werkend als tweeaderige, is duidelijk kleiner dan de verzwakking van een lijn, werkende als éénaderige. Dit legt uit waarom men betere voortplantingen kan vaststellen met een tweeaderige lijn, die op de grond is geplaatst, dan met een éénaderige, die op de grond is geplaatst.

Aangezien de zender hoofdzakelijk de éénaderige werking veroorzaakt, heeft men er dus belang bij het grootste gedeelte van de golf, die zich op die wijze voortplant, om te zetten in een golf die volgens de tweeaderige wijze wordt geleid. Men kan de omzetting kunstmatig in de hand werken, hetzij door een verhoging van de capaciteit van één der geleiders, hetzij door het vertragen over een halve periode van de stroom in één der geleiders. Wij bestuderen op dit ogenblik verschillende apparaten waardoor men een deel van de voortplanting van het éénaderige type en een deel van het tweeaderige type zou kunnen regelen.

Wanneer men éénaderige of tweeaderige lijnen gebruikt, bemerkt men soms stroomknoppen en -buiken en bijgevolg zijn er plaatsen bevoordeeld en andere benadeeld wat betreft de voortplanting der golven. Deze plaatsen zijn niet steeds vooraf aan te duiden; zij kunnen veranderen in functie van de plaats der beweegbare zenders.

Daaruit volgt dat het interessant is het gebruik van betrekkelijk lange golven en van lijnen die korter zijn dan $\lambda/2$ te bestuderen (fig. 14).

Indien men langs de tegenoverliggende wanden van een galerij twee kabels ophangt en ze met een zender opwekt langs ene zijde, heeft men een open lus A samengesteld, gelijkwaardig met een oscillerende serieketen en die een interessante stroom bezit in het allereerste gedeelte. Men heeft kunnen aantonen en in de praktijk kunnen nagaan dat men er belang bij heeft het tweede gedeelte te vervangen door een condensator C. Deze wordt zo afgesteld dat het geheel van de afgeknotte lus, aangeduid door B, resonneert op dezelfde frequentie als die van de door A aange-

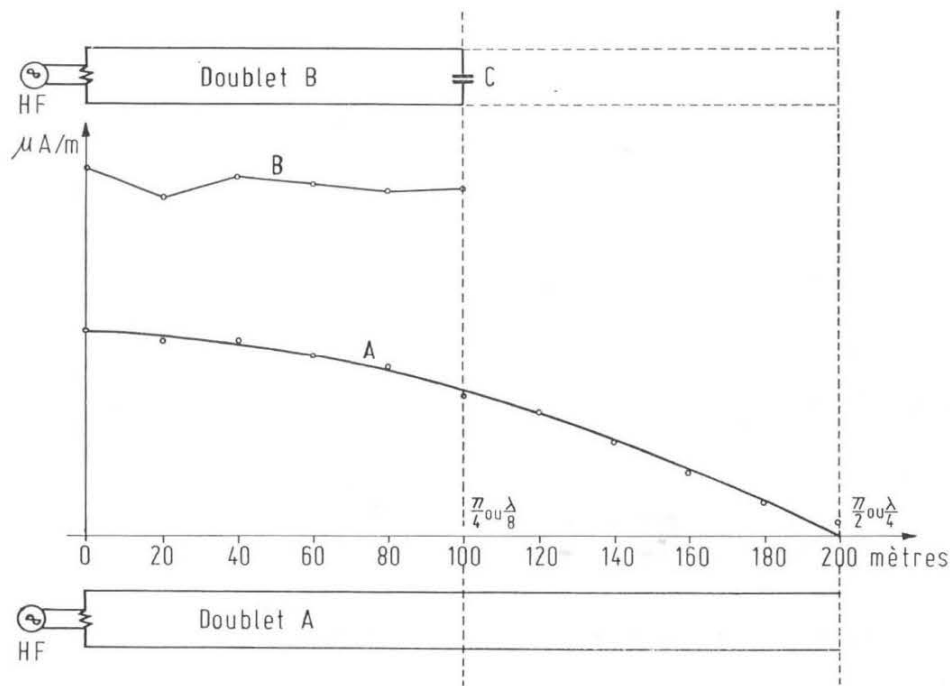


Fig. 14.

Distribution du champ magnétique le long des doublets installés en galeries à la fréquence de 300 kHz. (A) doublet normal $\lambda/4$ ouvert. (B) doublet tronqué $\lambda/8$ complété par un condensateur de valeur appropriée.

Verdeling van het magnetisch veld langs de lussen, geïnstalleerd in de galeries met een frequentie van 300 kHz. (A) normale lus $\lambda/4$, open. (B) afgeknotte lus $\lambda/8$, aangevuld met een condensator van aangepaste waarde.

plage magnétique est excellent. A la fréquence de 225 kHz et avec une puissance d'émission très faible de 2 mW, on a mesuré dans la galerie du Crachet un signal confortable et constant supérieur au mV par mètre sur 1.300 m de distance, alors que, à la surface et sans guide d'ondes, la portée de l'émetteur ne dépasse pas quelques mètres. Ce système extrêmement prometteur fait en ce moment l'objet d'une étude très approfondie.

Dans certains cas difficiles comme celui des longues tailles, il n'est pas pensable de placer deux câbles opposés. Les câbles guides ne peuvent guère qu'être attachés au convoyeur blindé. Dans de telles circonstances, l'atténuation des signaux propagés le long du guide d'onde est très rapide.

On peut y remédier en choisissant comme guide d'ondes un câble coaxial et en s'arrangeant pour que la propagation de l'énergie électromagnétique se fasse pour une grande part sur le conducteur central de ce câble à l'abri de tous les aléas propres à l'environnement. Il faut qu'à travers une antenne placée sur le câble, l'émetteur puisse induire une onde à l'intérieur de celui-ci. Aux endroits où on le souhaite, on insère des dispositifs re-rayonnant une petite fraction de cette onde

duide lus. De waarden van de gemeten veldsterkte zijn hoger dan deze bij de oorsprong. De magnetische koppeling is uitstekend. Op de frequentie van 225 kHz en met een zeer zwak zendvermogen van 2 mW, heeft men in de galerij van Crachet een behoorlijk en constant signaal gemeten, groter dan de mV per meter op een afstand van 1.300 m, terwijl het bereik van het zendapparaat op de bovengrond en zonder golfgeleider slechts enkele meters bedraagt. Dit uitzonderlijk veelbelovend systeem maakt op dit ogenblik het voorwerp uit van een zeer diepgaande studie.

In sommige moeilijke gevallen zoals de lange pijlers, is het niet denkbaar twee kabels tegenover elkaar te plaatsen. De golfgeleiders kunnen alleen aan de pantsertransporteur vastgemaakt worden. In die omstandigheden is de verzwakking van de voortgeplante signalen langs de golfgeleiders zeer snel.

Men kan hieraan verhelpen door een coaxiale kabel als golfgeleider te kiezen en zodanig te schikken dat de elektromagnetische energie zich grotendeels in de centrale geleider van die kabel voortplant, beschermt tegen alle hinderpalen die in een omgeving aanwezig zijn. De zendpost moet langs een antenne, die op de kabel geplaatst wordt, een golf kunnen invoeren naar het inwendige ervan. Op de plaatsen waar men het wenst, schakelt men apparaten in, die een kleine fractie

afin qu'elle puisse être reçue par des récepteurs se trouvant dans la zone d'action de ces dispositifs rayonnants (fig. 15).

van deze golf kan uitzenden, zodat zij kan opgevangen worden door ontvangers die zich in de werkingszone van deze straaltoestellen bevinden (fig. 15).

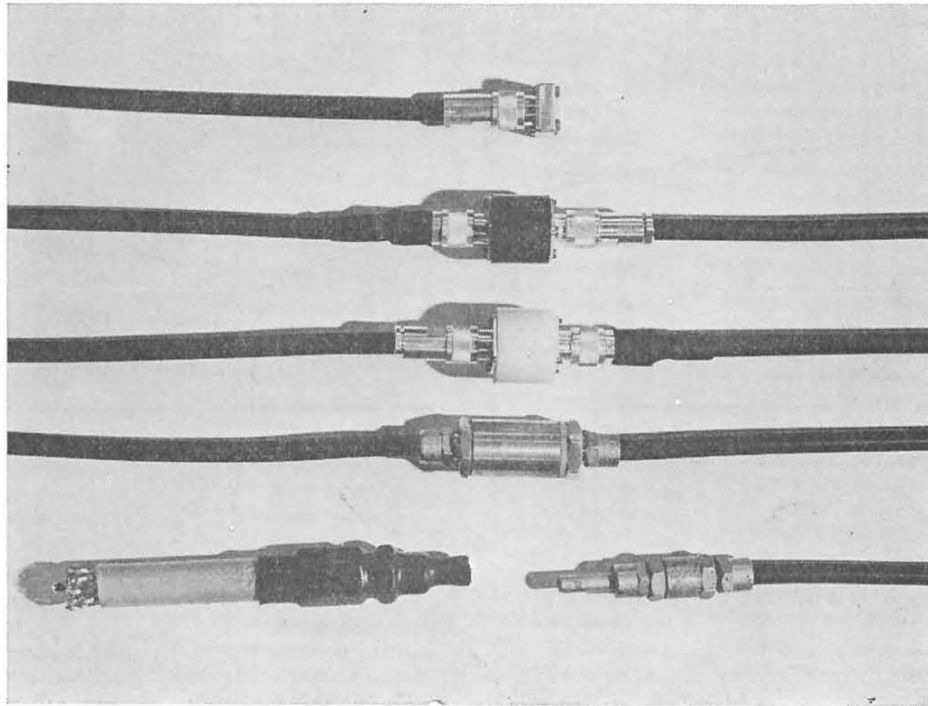


Fig. 15.

Dispositifs rayonnants, raccords et charges de fin de ligne.
Straaltoestellen, koppelstukken en eindlijnbelastingen.

M. Delogne a calculé les caractéristiques à donner à ces dispositifs rayonnants pour obtenir à l'extérieur du câble guide d'ondes, non seulement des ondes de rayonnement se propageant radialement, mais également des ondes guidées plus ou moins concentrées autour du câble (fig. 16). Le système a été breveté par l'Institut National des Industries Extractives.

L'intérêt, pour les mines, est qu'il peut être immédiatement utilisé avec un appareillage de sécurité intrinsèque.

De H. Delogne heeft de karakteristieken berekend die aan deze stralingsapparaten moeten worden gegeven om buiten de golfgeleidingskabel niet alleen stralingsgolven die zich radiaal voortplanten, te bekomen, maar ook golven min of meer concentrisch rondom de kabel gelegen. Het systeem werd gepatenteerd door het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven.

Het voordeel voor de mijnen is dat het onmiddellijk kan gebruikt worden met een apparatuur die intrinsiek veilig is.

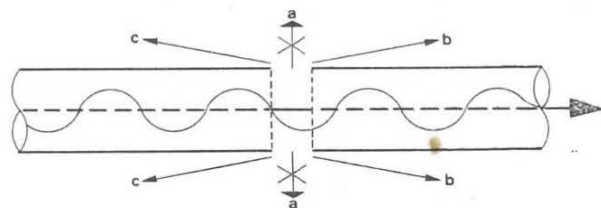


Fig. 16.

Propagation des ondes à l'emplacement d'un dispositif rayonnant.

Voortplanting van de golven bij de plaatsing van een straaltoestel.

4. Caractéristiques des émetteurs-récepteurs

Les émetteurs-récepteurs doivent avoir nécessairement une bonne sensibilité au champ électromagnétique et des microphones insensibles aux bruits ambiants. Il n'est pas nécessaire de faire appel à des puissances élevées et on est d'ailleurs limité par le souci de rendre les appareils aussi portables que possible. Le choix de la fréquence dépendra notamment des circonstances et du système de guide d'ondes utilisé. A fréquence trop basse (en dessous de 100 kHz), on est gêné par les parasites; à fréquence trop élevée (450 MHz), on est gêné par les obstacles à la propagation. Avec le système INIEX/Dubois, les limites paraissent être 200 kHz et 2 MHz. Avec le câble bifilaire, on a obtenu de bons résultats en travaillant à des fréquences plus élevées, mais inférieures à 80 MHz. Les premières expériences avec le système INIEX/Delogne nous indiquent que l'on pourra utiliser les fréquences habituellement autorisées de 27, 41-45 et 68-87,5 MHz pour les télécommunications et 30 MHz pour la télécommande sans que ceci ne constitue une limitation.

5. Au moment de conclure, nous voulons rappeler que la présence d'un câble guide d'ondes ne signifie pas que les communications sont interrompues en cas de rupture du câble. Nous avons maintes fois contrôlé que les ondes sont capables de se propager d'un côté à l'autre d'une rupture accidentelle.

Dans certains cas particuliers, on peut raccorder galvaniquement un émetteur-récepteur au câble guide d'ondes. Ceci concerne, par exemple, le machiniste d'extraction ou l'ingénieur d'exploitation, mais une telle liaison n'est ni nécessaire ni habituelle. En principe, il n'y a pas de liaison physique entre l'émetteur, le récepteur et le guide d'ondes.

Un seul câble suffit pour le transport de centaines de signaux.

Nous pouvons donc annoncer que :

1°) Grâce aux progrès techniques récents, il est dorénavant possible d'utiliser la radio dans la mine pour les télécommunications, la télé-signalisation et la télécommande.

Dans les galeries et pour autant que l'on recoure à des guides d'ondes, la portée des émetteurs dépasse de loin leur portée à l'air libre. Avec les systèmes INIEX, ce succès est obtenu sans relais ni amplificateur de ligne.

2°) Plusieurs systèmes de guides d'ondes sont disponibles. Leurs champs d'applications sont différents, mais ont des domaines communs.

4. Karakteristieken van de zenders-ontvangers

De zenders-ontvangers moeten noodzakelijk een goede gevoeligheid bezitten voor het elektromagnetisch veld en ongevoelige microfonen voor de omgevende geluiden. Het is niet noodzakelijk beroep te doen op grote vermogens en men is tevens beperkt door de zorg de apparaten zo draagbaar mogelijk te maken. De keuze van de frequentie zal vooral afhangen van de omstandigheden en van het gebruikte golfgeleidersysteem. Wanneer men een te lage frequentie gebruikt, (onder de 100 kHz) wordt men gehinderd door de storingen; wanneer men een te hoge frequentie gebruikt (450 MHz), wordt men door de belemmeringen voor de voortplanting gehinderd. Met het systeem NIEB/Dubois zijn de bruikbare frequenties gelegen tussen 200 kHz en 2 MHz. Met de tweeadelige kabel heeft men goede resultaten bekomen, werkend met hogere frequenties, maar kleiner dan 80 MHz. De eerste proeven met het systeem NIEB/Delogne tonen aan dat men de gewoonlijk toegelaten frequenties van 27, 41-45 en 68-87,5 MHz voor de telecommunicaties kan gebruiken en 30 MHz voor de afstandsbediening, zonder een beperking uit te maken.

5. Vooraleer te besluiten, willen wij eraan herinneren dat de aanwezigheid van een golfgeleider niet betekent dat de communicaties onderbroken worden in geval van kabelbreuk. Wij hebben dikwijls gecontroleerd of de golven bekwaam zijn zich voort te planten van de ene zijde naar de andere bij een accidentele breuk.

In sommige bijzondere gevallen, kan men een zender-ontvanger galvanisch koppelen met de golfgeleider. Dit gaat, bijvoorbeeld, de bestuurder van de ophaalmachine of een ontginningsingenieur aan, maar zulk een koppeling is niet noodzakelijk, noch gangbaar. In principie, is er geen uiterlijke koppeling tussen de zender, de ontvanger en de golfgeleider.

Een enkele kabel volstaat voor het transport van honderden signalen.

We kunnen dus melden dat :

1°) Dank zij de nieuwe technische vooruitgang het voortaan mogelijk is, voor de telecommunicaties, de telesignalisatie en de afstandsbediening, de radio in de mijn te gebruiken. In de galeries en voor zover wij tot golfgeleiders onze toevlucht nemen, zal het bereik van de zenders hun bereik in de vrije lucht ver overschrijden. Met de systemen NIEB wordt dit succes zonder relais noch lijnversterker bereikt.

2°) Verscheidene systemen van golfgeleiders zijn beschikbaar. Hun toepassingsveld is verschillend maar ze hebben gemeenschappelijke

- Des associations de systèmes peuvent être envisagées.
- 3°) Pour certains systèmes, la recherche doit être poursuivie tant en ce qui concerne les guides d'ondes que les émetteurs-récepteurs. Le moment est venu pour les utilisateurs de la radio de faire connaître leurs exigences et leurs desiderata.
- 4°) Pour le système breveté INIEX/Delogne, nous en sommes déjà à l'époque des réalisations expérimentales; on passera bientôt au stade des prototypes industriels.
- domeinen. Verenigingen van systemen kunnen overwogen worden.
- 3°) Voor sommige systemen moet de opzoeking voortgezet worden, zowel wat de golfgeleiders als de zenders-ontvangers betreft. Het ogenblik is gekomen voor de gebruikers van de radio, hun eisen en verlangens kenbaar te maken.
- 4°) Voor het geëlectroïseerde systeem NIEB/Delogne zijn we reeds in de tijd van de proefondervindelijke uitvoeringen. Weldra zal men tot het stadium van de industriële prototypes overgaan.
-