

praktisch keine zusätzliche Dämpfung der Signale. Die verkürzten 2x17m-Dipole mit symmetrischen Kopplern und Feederspeisung bewirken bei den Empfangsstationen ungefähr die gleichen Feldstärken wie die koaxial gespiesenen 2x40m-Dipole. Die Empfänger der verwendeten Geräte liefern bei geringem Störpegel für Eingangsspannungen um 0,15 µV an 50 Ohm noch gut brauchbare CW- und SSB-Signale. Für 100 Watt Sendeleistung entspricht das Dämpfungswerten um 170 dB. Das Gewicht einer höhlentauglich verpackten 100 W-Station mit Koppler, Antenne, 17 Ah-Akku und Zubehör (3 Lasten) liegt zwischen 20 und 25 kg.

Wir möchten als nächstes die Verbindungsmöglichkeiten über die kritischen 600-1000m-Distanzen untersuchen. Dazu wäre eine zeitgesteuerte 1,8 MHz 10 W-Funkbake an einem geeigneten Standort im Hölloch einzurichten. Während etwa einer Woche Sendezeit könnten dann über dem Höhlengebiet an möglichst vielen Punkten die Feldstärken gemessen und verglichen werden. Nur, die Funkbake ist noch nicht gebaut, das

Stromversorgungsproblem nicht gelöst und ohne interessierte und ortskundige «Höllöchler» geht es auch nicht. Der Name Hölloch soll übrigens nichts mit dem Begriff Höhle zu tun haben. Die ursprüngliche Bezeichnung lautete Helloch, und «hel» bedeutet im lokalen Idiom glitschig. Für den, der einmal Gelegenheit hatte, die tieferen Bereiche der Höhle zu durchklettern und die Eindrücke der unvergleichlichen Szenerien in sich aufzunehmen, löst sich so ein Widerspruch auf.

Literatur

- [1] Hurni J., HB9OD, Funkverbindungen aus grossen Naturhöhlen, old man 11/1988
 - [2] Gander P., HB9CM, Antenne 1,8 MHz pour essais souterrains, old man 7-8/1989
- Fritsch V., Fortschritte der Funktechnik und ihrer Grenzgebiete
Band 2: Die Funktechnik im Dienste der Geologie und des Bergbaus
Band 4: Blitzschutz und Funktechnik
Stuttgart 1937

Antenne 1,8 MHz pour essais souterrains

Philo Gander (HB9CM), Bärgliweg 15, 2558 Aegerten

Zusammenfassung

Bei den ersten Sendeversuchen aus der Weissensteinhöhle Nidleloch auf 160m wurden 2x40m-Dipole und eine Rahmenantenne (magnetischer Strahler) verwendet. Die Dipole erwiesen sich unter Höhlenbedingungen als unhandlich und dämpfungsanfällig. Die Rahmenantenne (Faltmodell) hatte wegen zu kleinem Strahlungswiderstand einen schlechten Wirkungsgrad. Als Zwischenlösung wurde ein elektrisch verlängerter 2x17m-Dipol mit kurzem hochohmigen Speise-feeder und einem symmetrischen Anpasskreis hoher Güte entwickelt, gebaut und in einem alten Tunnel in der Nähe von Biel auf seine praktische Brauchbarkeit getestet.

Introduction:

Depuis plusieurs années mon ami HB9OD aidé de quelques autres collègues et collaborateurs, entreprend des essais de communications bilatérales par radio, de l'intérieur à l'extérieur d'importantes grottes naturelles.

Certains succès ont été obtenus, et deux excellents articles ont déjà été publiés à ce sujet dans cette revue [1], [2].

Reste que la question de l'antenne de la station souterraine posait encore bien des problèmes, vu les conditions très particulières et inconnues dans lesquelles cette antenne doit fonctionner.

C'est arrivé à ce point de l'expérience, que HB9OD est venu me proposer de m'inclure dans l'équipe, afin de profiter de mes connaissances sur les antennes pour le 1,8 MHz, ce que j'acceptai avec enthousiasme.

Conditions générales:

L'antenne «Full-Size», soit environ 2x40m, est en principe la structure la plus simple et la plus efficace, de plus sans grands artifices elle peut être connectée aux appareils émetteur-récepteurs. Toutefois pour le cas particulier qui nous intéresse elle a deux défauts qui la rendent inutilisable.

- a) Trop longue pour être tendue correctement dans de sinueux couloirs.
- b) Apparemment par trop sensible aux conditions de la roche humide qui l'amortissent et la désaccorde d'une manière imprévisible.

Comme alternative on trouve à l'autre extrémité, l'antenne magnétique ou dite AMA, recommandée pour les fréquences basses lorsqu'il faut se contenter de peu de place. Elle n'aura donc pas les deux défauts ci-dessus, par contre elle aura du fait de sa très faible résistance de rayonnement qui est dans le meilleur des cas déjà inférieure à 1 Ohm, un très mauvais rendement; surtout sous sa forme de cadre pliable. Quant à introduire dans les entrailles de la terre un cadre boucle monolithique de 2-3m de diamètre, autant ne pas en parler!

Ces limites, HB9OD les a expérimentées, et en fait état dans son second article [2].

Entre ces deux extrêmes on en vient à envisager un dipôle court, rallongé électriquement. Ici aussi deux voies s'ouvrent à nous:

- a) Rallonger par une bobine au centre du dipôle.
- b) Rallonger par des capacités sous forme d'éléments métalliques volumineux aux extrémités du dipôle.

Tous les exposés théoriques sur les antennes, nous prouvent que vu la distribution du courant le long de l'antenne, et partant le mécanisme de formation du champ rayonnant, on a avantage à choisir la méthode b) qui a tendance à renforcer le courant watté au centre de l'antenne, alors que la méthode a) affaiblit ce dernier au profit d'un courant déwatté élevé, donc réactif.

En d'autres termes, l'antenne rallongée par une inductivité au centre aura une résistance de rayonnement plus faible que celle de l'antenne à capacités terminales, avec pour conséquence qu'on hypothèque de nouveau son rendement.

Choix du type d'antenne:

Malgré cela, et une fois de plus pour des raisons d'encombrement, on a envisagé de tirer parti au mieux de la méthode a). En effet on voit mal la possibilité pour la méthode b), d'introduire dans la grotte, par exemple deux sphères de cuivre de 1m de diamètre, QSJ mis à part!

Différentes considérations d'ordre pratique nous ont conduit à réaliser une antenne de $2 \times 17m$ en fil de cuivre plein, diamètre 2,5 mm, et isolé à 4 kV. L'antenne est d'abord rallongée au centre par un mini stub de 3m de long, fait dans un feeder de 300 Ohms, modèle large et à trous; cette longueur de feeder convient fort bien pour une installation souterraine. Suit le circuit de couplage en résonance parallèle, et link inductif fixe pour l'arrivée du coax de 50 Ohms, qui n'aura guère que 4m jusqu'au transceiver. Pour ce circuit le meilleur sera encore juste assez bon, c'est là que la transformation de l'impédance fait le plus grand saut, et qu'on a aussi en mains de quoi réduire les pertes au minimum. Le schéma d'ensemble se présente donc comme suit (figure 1):

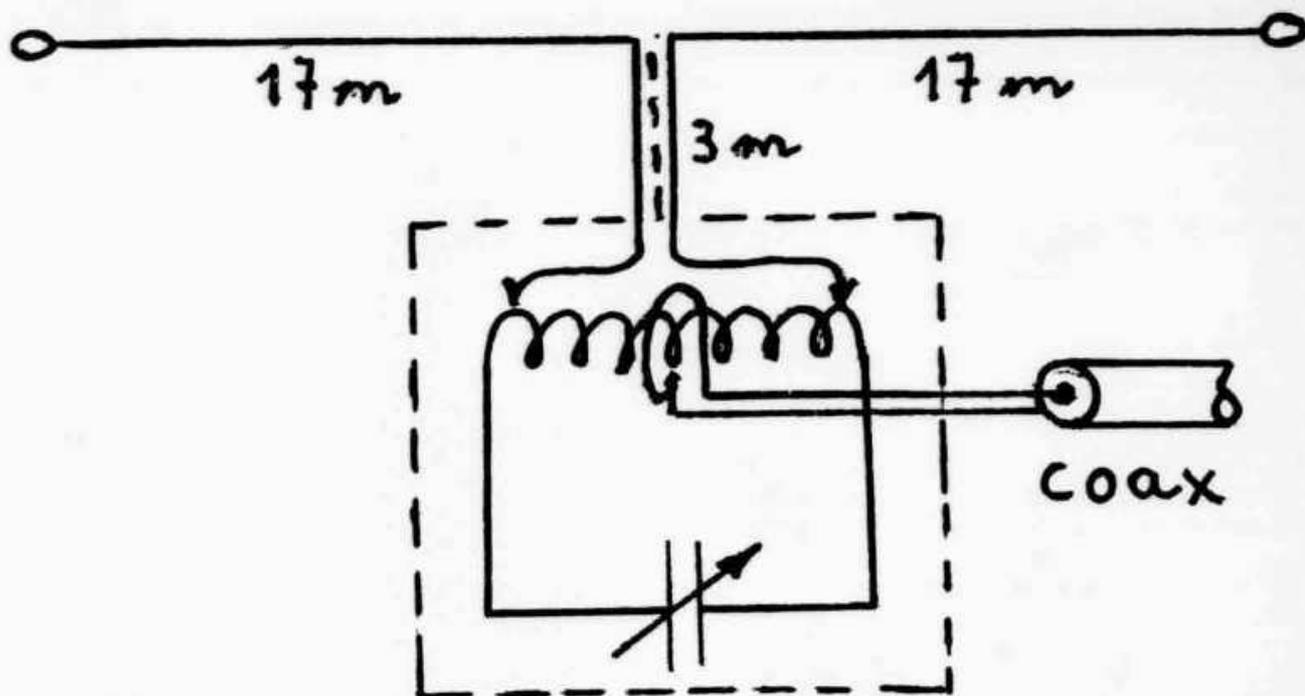


Figure 1: Antenne de $2 \times 17m$, stub et circuit de couplage

Afin de pouvoir dimensionner le circuit, il fallait d'abord connaître l'antenne. Son prototype fut placé dans mon jardin à environ 3m du sol, et l'impédance au pied du feeder fut mesurée à l'aide d'un pont HF de General-Radio. Pour 1820 kHz, on a bien entendu trouvé une impédance capacitive, dont la valeur complexe est de $7,5-639j$, soit l'équivalent symétrique représenté ci-dessous (figure 2):

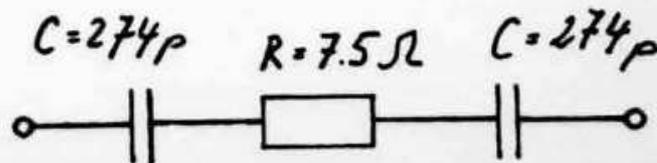


Figure 2: Circuit équivalent

Il suffirait en principe de compenser cette capacité qui est amortie par la résistance de rayonnement, par une self de même réactance en valeur conjuguée, et au milieu de laquelle on couple par link inductif le coax d'alimentation.

On doit toutefois garder une certaine souplesse de réglage; aussi a-t-on pris une bobine sur corps céramique de 80mm de diamètre, spires en Ag, inductivité 60 μ H, et Q de 350 à vide. Le complément d'accord se fait au moyen d'un condensateur variable de 70 pF, à gros espacement, car lorsqu'on atteint les 100 Watts antenne, la tension aux bornes de la bobine est très élevée une adaptation de l'impédance est approchée par pas, en connectant la base de l'antenne symétriquement à une ou deux spires de l'extrémité, mais en service dans la grotte, il n'a jamais été nécessaire de retoucher ces positions telles que déterminées dans notre tunnel expérimental. Pour le link du coax de 50 Ohms, une seule spire nous donne toujours à l'accord un TOS de 1:1. Le Q en charge de ce circuit est de l'ordre de 80, le rendement de l'ensemble nous paraît excellent.

Résultats:

Avant d'entreprendre l'expédition sur et dans le terrain, différents essais accompagnés de mesures, ont été effectués dans les gorges du Taubenloch où on pouvait disposer d'un tunnel désaffecté de 120m.

On a pu constater que par temps sec ou par temps humide, dès que l'antenne est éloignée de 40cm de la roche calcaire, elle retrouve son comporte-

ment à l'état libre, et se laisse alimenter comme telle. Nous avons en effet pu le confirmer en retournant intentionnellement dans le tunnel lors d'abondantes pluies, alors que la roche ruisselait et que nous étions dans le tunnel plus sous une douche qu'à l'abri de la pluie! De plus la liaison avec une station extérieure à 2,5 km du tunnel en direction perpendiculaire à ce dernier, et avec un minimum de 120m de roche à traverser, fut toujours possible, S9 + quelques dB, malgré l'affaiblissement de plus de 40 dB par rapport à une liaison de même distance en visibilité directe. Il est vrai qu'il eut fallu pouvoir occulter les entrées du tunnel par des rideaux en permalloy, aussi légendaires que les sphères de cuivre dont il fut question ci-dessus!

Bref ces essais préliminaires fort concluants, nous incitèrent à nous lancer dans l'aventure, à noter en passant que j'utilise personnellement le même dispositif d'antenne lorsque je suis à une des stations extérieures, l'antenne étant tendue à quelques mètres du sol dans le champ expérimental; ainsi la réception des stations lointaines se trouve être suffisamment désensibilisée, pour que toute la sensibilité du récepteur soit mise à profit pour la communication souterraine.

Littérature

- [1] Hurni, J., HB9OD, Funkverbindungen in grossen Naturhöhlen, old man 9/1987
- [2] Hurni, J., HB9OD, Funkverbindungen in grossen Naturhöhlen, old man 11/1988

Einführendes zum Thema «linearer Verstärker»

Ueli Eschmann (HB9CEJ), Am Landsberg 39, 8330 Pfäffikon

Was versteht man unter dem Begriff «linearer Verstärker»? Bei einem linearen Verstärker enthält das Ausgangssignal nur Frequenzen, die schon im Eingangssignal enthalten sind. Es entstehen also keine zusätzlichen Frequenzkomponenten im Verstärker. Ausserdem soll bei einer Zunahme der Eingangsleistung die Ausgangsleistung proportional dazu steigen. Leider gibt es keinen absolut linearen Verstärker. Das leuchtet aus folgendem Grund auch sofort ein: Die Speisespannung eines Verstärkers ist immer beschränkt. Das bedeutet gleichzeitig, dass die HF-Ausgangsspannung einen bestimmten Maximalwert nicht überschreiten kann. Somit gibt es einen Punkt, ab dem man die Eingangsleistung weiter erhöhen kann, ohne dass die Ausgangsleistung zunimmt. Bei einem Sinussignal am Eingang bedeutet das, dass die Spitzen des Ausgangssignals abgeschnitten werden. Das führt bekanntlich zur Entstehung von Oberwellen. Damit arbeitet der Verstärker eindeutig nicht mehr linear.

In der Praxis stellt sich also nur die Frage, wie linear arbeitet der Verstärker bei welcher Ausgangsleistung, d.h. wie stark sind zusätzlich erzeugte Frequenzen am Verstärkerausgang. Dabei sind nicht die Oberwellen besonders störend. Diese können durch geeignete Filter stark gedämpft werden. Störend sind in erster Linie Intermodulationsprodukte 3., 5., 7. ... Ordnung (siehe weiter unten), die in unmittelbarer Nähe des gewünschten Sendesignals liegen und deshalb durch ein Filter nicht mehr entfernt werden können.

Praktisch kein 2m-Endstufen-Hersteller macht Angaben über den sogenannten Intermodulationsabstand, während die Oberwellenunterdrückung meist angegeben wird.

Dies hat einen guten Grund. Üblicherweise ist nämlich der Intermodulationsabstand von 2m-Endstufen (gilt auch für KW- oder UHF-SHF Endstufen) bei der spezifizierten maximalen Ausgangsleistung so schlecht, dass man beim be-