

EME sur les bandes UHF de 1296 MHz à 10 GHz à l'aide d'une installation portable

Dany Gautschi HB9CRQ (*shack@hb9q.ch*) - [trad. HB9BLF]

EME – **E**arth **M**oon **E**arth. Ce mode de transmission radio permet de réaliser des liaisons avec tous les continents sur les bandes VHF-UHF, jusqu'au bandes SHF. On émet en direction de la lune. Celle-ci réfléchit de façon passive les ondes radio, et une très petite partie de celles-ci atteint à nouveau la terre. En fonction de la bande, l'atténuation de propagation pour un parcours total de 780'000 km est entre 270dB (à 1296 MHz) et 290dB (à 10 GHz). A l'évidence, on ne peut pas s'attendre à recevoir des gros signaux. Pour les stations «moyennes», sur 1296 MHz et plus haut des QSO en CW sont possibles et pour les très grosses stations la SSB est même réalisable. Pour des liaisons avec les petites stations (QRP), on utilise les modes digitaux comme JT65 ou le nouveau mode QRA64.



Dany HB9CRQ et Sam HB9COG à côté de la parabole de 1m50 équipée du cornet 2300 MHz. A l'arrière-plan, l'antenne 50 MHz

L'idée

Au printemps 2016, Sam HB9COG et moi-même Dany HB9CRQ avons décidé de construire une installation pour faire de l'EME de 1296MHz à 10GHz qui soit transportable, de façon à pouvoir l'amener dans des pays qui n'avaient encore jamais été activés, et d'y être QRV.

Le projet

Il était clair que certains compromis seraient nécessaires pour construire une telle installation. Notre premier objectif fut de dimensionner correctement le système. Forts de notre expérience de 30 ans avec le mode EME, nous

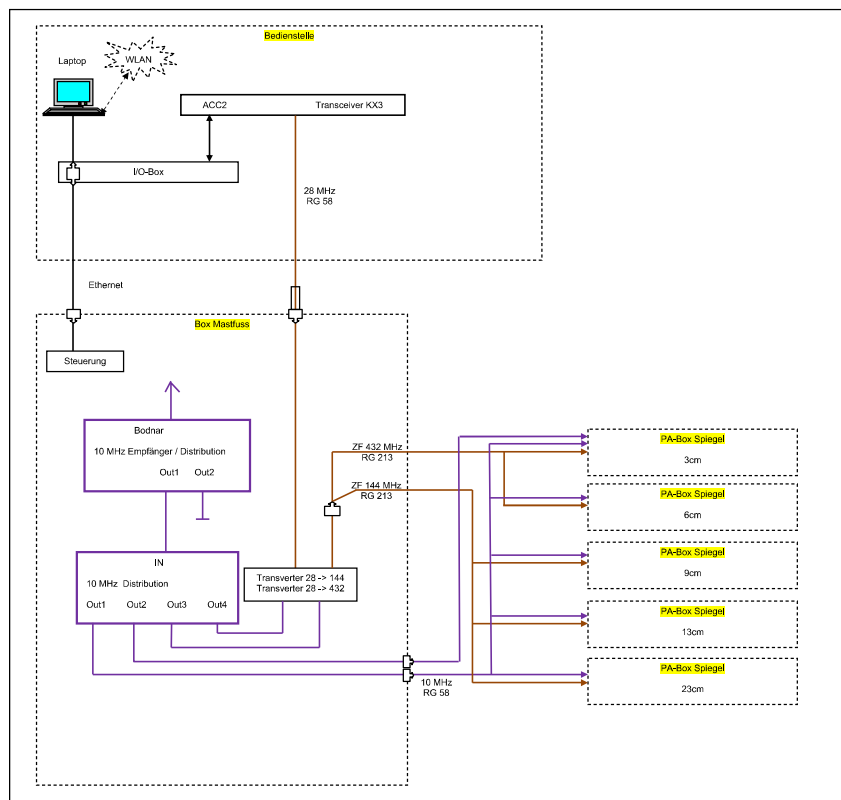
connaissons le B.A.-BA de l'antenne correcte. Nous nous sommes décidés pour un réflecteur parabolique de 1m50 de diamètre, qui peut être démonté en 8 segments. Faire plus grand serait naturellement meilleur, mais les segments seraient alors trop gros pour pouvoir être transportés comme bagage «normal» dans un avion.

La question suivante était: de quelle puissance avons-nous vraiment besoin ? Nous avons choisi autour de 100 watts. Cela nous paraissait le maximum possible en fonction de l'encombrement et du poids.

Il fallait encore trouver le mât d'antenne (trépied) avec le système

pour les rotations horizontale et verticale. Pour avoir du succès il est très important de pouvoir positionner l'antenne de façon précise et fiable en direction de la lune. En plus du système mécanique de positionnement, il faut le software qui l'assure de façon automatique en fonction du temps. Et enfin il faut les bons préamplis de réception et les cornets d'illumination correspondants pour la parabole (un par bande de fréquence).

Et tout cet équipement doit être robuste, modulaire, compact, stable, fiable et naturellement, d'un coût acceptable.



Vue d'ensemble du système; câblage HF et commande

La mise en pratique

Nous avons cherché quels designs de miroirs paraboliques étaient disponibles dans la littérature des radioamateurs. Nous sommes tombés sur Gerd Liebal, DGØCN (malheureusement SK depuis le printemps 2017). Il a construit un miroir parabolique de 1m50 de diamètre qui correspond à nos besoins. Pour qu'il soit encore utilisable sur 10 GHz, la forme de la parabole doit être suffisamment précise et la grille réalisée à mailles serrées. Nous avons choisi un maillage de 1x2mm. Comme un grillage si fin est très fragile, Gerd l'a monté sur un grillage plus gros. Il est aussi très important de faire en sorte que les 8 segments puissent être assemblés de façon très précise.

Nous avons décidé d'utiliser les transverters et PA de Michael Kuhne DB6NT; ils ont déjà fait leurs preuves chez nous. Tous les transverters seront synchronisés sur une horloge de référence GPS à 10 MHz. Une fréquence de base précise est indispensable pour travailler sur des fréquences si hautes. Comme préamplis de réceptions nous utiliserons sur 1296, 23xx et 3400 les

produits construits par Sam G4DDK, et sur 5760 et 10xxx ceux de Michael DB6NT.

Le mât et le système d'orientation automatique de l'antenne en direction de la lune sont la clef du succès ! Un équipement au top avec beaucoup de puissance ne sert à rien si l'on n'arrive pas à pointer sur la lune de façon continue et avec précision. Comme support, nous avons choisi un système solide à 3 pieds en aluminium. Cela nous donne une base très stable qui peut au besoin être adaptée au terrain et qui confère au réflecteur parabolique la stabilité nécessaire. Nous n'avons pas réussi à trouver de système qui satisfasse nos besoins pour l'azimut et l'élévation. Les exigences sont très élevées pour un système doit être capable d'opérer depuis n'importe quel endroit sur la terre. C'est parce que l'antenne peut parfois se trouver au Nord, pas seulement au Sud comme c'est le cas chez nous. Et lorsque l'on se trouve entre les latitudes 20° Nord et 20° Sud, l'antenne va jusqu'à une élévation de 90° (orientée à la verticale). Ça n'a pas l'air si difficile, mais cela ne doit pas être sous-estimé en

considérant la réalisation mécanique et le software pour le contrôle de la position. En plus, le système doit être capable d'assurer un positionnement avec une précision de $\pm 0,5^\circ$ (10GHz) par un vent de 40km/h. Il ne nous resta aucune autre possibilité que construire nous-même le système de positionnement. Sam en a développé et construit un qui convenait à nos besoins, tout en ayant des dimensions et un poids compatibles avec le transport en avion.

Maintenant, tout le système doit être piloté. Sam a modifié un soft de Siemens (basé sur Step 7) qui permet le positionnement automatique de l'antenne et la commande complète du système radio comme la commutation TX/RX, et le contrôle de la puissance. Lorsque c'est nécessaire il coordonne encore le choix de la sous-bande. Toutes les informations importantes pour l'opérateur sont visibles d'un coup d'œil sur le panneau de contrôle.

Comme nous allons opérer depuis divers QTH, nous devons avoir en main la calibration du système, qui permettra l'orientation précise en horizontal et en vertical. De jour, nous pouvons utiliser le soleil, c.-à-d. le bruit généré par le soleil, pour aligner la direction de l'antenne. Lorsque la lune est visible, c'est le bruit lunaire qui peut être utilisé. A défaut, on fait avec une boussole. Comme cornets d'illumination nous avons décidé d'utiliser sur 1296, 23xx et 3400 MHz les cornets «septum» (polarisation circulaire) de RF Hamdesign. Pour 5760 et 10xxx, nous avons fait construire par Gert PE1RKI des cornets en aluminium; celui pour le 5760 est aussi équipé d'un septum, et donc en polarisation circulaire. Le cornet 10xxx est en polarisation linéaire.

Afin d'économiser du volume et du poids, nous avons conçu une radio ayant pour chaque bande de fréquences une boîte «TRV/PA» contenant les composants spécifiques à la bande (transverter, PA, drivers). Cela nous fait 5 boîtes d'aspects identiques qui peuvent être montées directement derrière le réflecteur parabolique. Les connections sont



Boîte pour la bande 1296 MHz

identiques pour les 5 boîtes (câbles, fiches, emplacement des fiches, fixation mécanique et corps de refroidissement). Cela permet de changer de bande avec très peu de manipulations (voir l'image: boîte pour la bande 1296).

Nous avons aussi normé le système de fixation des cornets d'illumination, de façon qu'il soit identique pour les 5 bandes. Le cornet doit être positionné et orienté très précisément. Nous avons construit pour cela un dispositif d'alignement spécifique, qui permet un alignement simple et précis de la fixation. Le changement de bande est rapide, car il suffit de changer le cornet sans devoir le réaligner. Un changement de bande est alors possible en moins de 15 minutes.

Commande du système et log

La communication EME entre les grosses stations et les stations moyennes a lieu normalement en mode CW. Depuis maintenant plus de 10 ans, des stations petites voire très petites peuvent être contactées en utilisant des modes numériques comme par exemple le WSJT-X (de Joe, K1JT). Comme notre installa-

tion est en-dessous de la moyenne par rapport à une installation EME standard, nous utiliserons avant tout les modes numériques JT65, JT4F et QRA64D. Avec ces modes, il est possible de décoder des signaux qui sont inaudibles pour l'oreille humaine, étant complètement noyés sous le bruit de souffle.

Comme la terre et la lune sont en mouvement l'une par rapport à l'autre, l'effet Doppler provoque un shift de la fréquence reçue, qui change constamment au cours du temps. Cela a pour conséquence que le signal revient de la lune en-dessous ou en-dessus de la fréquence de l'émetteur. Sur 1296 MHz, le shift peut être de +/-3 KHz, mais à 10 GHz il peut aller jusqu'à +/-25 KHz ! Cela doit être pris en considération, sinon on arrivera jamais à trouver le signal. En outre, à partir de 5760 MHz, le doppler peut changer si rapidement et la fréquence du signal reçu dévier si fortement qu'il ne peut plus être décodé ! WSJT-X dispose d'un contrôle à travers le CAT qui permet le pilotage en temps réel de la fréquence du TRX et qui effectue la correction nécessaire automatiquement.



Départ de Zurich avec 210 Kg de matériel; à droite, Dany HB9CRQ

Et pour finir, tout ce délicat équipement doit être emballé de façon à survivre sans dommage aux épreuves subies lors d'un voyage en avion. Pour cela, nous nous sommes fait fabriquer de caisses de transport professionnelles; finalement nous voulons faire de la radio pas passer notre temps à réparer !

Notre première expédition: 3DAØMB - Swaziland

Début 2017 déjà, nous avons été invités par des amis d'Afrique du Sud à participer à leur expédition EME sur 50, 144 et 432MHz au Swaziland. Mais à ce moment-là il nous restait beaucoup de travail à faire et nous ne pouvions pas prouver que notre installation remplirait nos attentes. Nous ne pouvions alors pas encore confirmer notre participation définitivement. Nous voulions être de la partie bien sûr, car cela faisait bientôt 12 mois que nous travaillions aussi souvent que possible à notre installation. Nous promirent une réponse

Notre équipement

- Miroir parabolique de diamètre 1m50 avec maillage 1x2mm
- Système automatique pour l'azimut et l'élévation
- 1296: 100W au cornet d'illumination, polarisation circulaire, préampli RX au cornet
- 23xx: 90W au cornet d'illumination, polarisation circulaire, préampli RX au cornet
- 3400: 80W au cornet d'illumination, polarisation circulaire, préampli RX au cornet
- 5760: 80W au cornet d'illumination, polarisation circulaire, préampli RX au cornet
- 10xxx: 50W au cornet d'illumination, polarisation linéaire, préampli RX au cornet



Le Shack de 3DAØMB: derrière, le 1296 MHz et les bandes plus hautes; au milieu, le 144 MHz et devant, le 432 MHz

définitive, positive ou négative pour mai 2017. Comme toujours, lorsque quelque chose doit être terminé dans un délai donné, le temps file plus vite que prévu ! Mai arriva et notre travail n'était pas avancé comme prévu dans la planification. Prenant notre courage à deux mains, nous avons décidé de participer quand même et de commander les billets d'avion. Depuis ce moment, il était clair que le 10 octobre nous volerions en direction de Johannesburg. En juillet, nous étions assez avancés pour faire les premiers tests sur des parties de l'installation. Beaucoup d'éléments ont fonctionné correctement du premier coup, mais il y eu aussi quelques défis inattendus à maîtriser...

Les premiers essais EME furent effectués fin août. En septembre nous avons fait beaucoup d'essais supplémentaires en EME sur les 5 bandes, car c'est seulement en EME que l'on peut vraiment vérifier et optimiser la performance de l'ensemble du système. Deux semaines avant le départ, notre installation était fin prête, «juste à temps» et emballée dans les caisses de transport.

Notre bagage se composait de 7 boîtes de transport, un coffre de voyage, et 4 «bagages à main» de tailles maximales. Poids total 210Kg, ce qui nous a fait quelques excédents de bagages (Voir la photo: départ de Zurich...). Le voyage vers Johannesburg fut sans problème, même le contrôle à la frontière. Nous n'avons été ni contrôlés ni stoppés !

Le 12 octobre, l'équipe complète (8 OM: 2 PA, 4 ZS et 2 HB9) se retrouvent au domicile de ZS6JON. Le jour suivant à 4 heures du matin, départ d'un convoi de 5 véhicules plus une remorque pour 4 heures de route en direction du Swaziland. Nous atteignons la douane au col, sous un épais brouillard et une température de seulement 10°C. Le passage de la douane fut comme on s'y attendait un peu difficile. Grâce à l'expérience de nos amis sud-africains et aux licences présentées, nous

purent passer en moins d'une heure après remplissage de divers formulaires avec les timbres et les taxes idoines.

Une heure plus tard, nous atteignons notre QTH dans la petite localité de Mhlambanyatsi (KG53MN). Vincent 3DAØVV habite ici avec sa famille. Nous installons le shack dans l'auberge. Dehors, dans le jardin et sur le terrain voisin nous érigeons les antennes. Après 4 heures de travail, toutes les installations sont prêtes pour démarrer le trafic à l'apparition de la lune à 2H28 locales le jour suivant.

Par 7°C et sous un épais brouillard, nous attendons avec impatience le lever de la lune. Et enfin les premiers signaux apparaissent. Le team était QRV simultanément sur 50, 144 et 432 MHz, et nous sur 1296 MHz. Les 4 stations émettaient durant la même période, ce qui évitait de nous perturber mutuellement ! (Photo: Le shack de 3DAØMB).

Nos amis furent actifs 5 jours au total sur 50, 144 et 432 MHz avant de QRT. Le 2^{ème} jour, nous sommes passés du 23 au 13 cm; c'est une bande très compliquée, car les VK sont sur 2301,9 MHz, les JA sur 2400, les européens sur 2320 et les américains sur 2304. Grâce à la bonne volonté des administrations, nous avons eu le droit d'émettre sur toutes les sous-bandes du 13cm. Ainsi nous avons pu donner à tous une chance de nous contacter. Ce jour-là, le brouillard

était encore plus épais et la bruine vraiment violente. Tout était recouvert d'une épaisse couche d'humidité.

Le 3^{ème} jour, nous étions QRV sur 3400 MHz, sous un magnifique soleil et par une température de 30°C.

Le 4^{ème} jour nous avons été QRV sur 5760 MHz. Egalement avec un magnifique temps d'été. Comme des orages se préparaient, il y avait beaucoup de vent avec parfois de fortes rafales (sûrement au-delà de 40km/h). Ce jour-là, nous avons eu la visite de deux collaborateurs de l'office national des communications. Ils ont été très intéressés. Ils furent aussi étonnés de voir la quantité de matériel que nous avons apporté, et cela seulement pour faire du radio amateurisme ! La presse s'intéressa aussi à nous. Une journaliste du «Times of Swaziland» (le plus important journal du pays) accompagnait les 2 officiels. L'article paru le jour suivant (Image: L'article dans le...) nous a beaucoup plu; il a démontré que notre activité avait été bien perçue et avait suscité de l'intérêt.

Le 5^{ème} jour, nous étions QRV sur le 3cm (10GHz). Comme les JA n'étaient autorisés à émettre que sur 10450 MHz (le reste du monde est sur 10368 MHz), nous avons aussi eu besoin d'une autorisation spéciale des autorités et naturellement aussi d'un 2^{ème} transverter. Ce jour-là nous étions à nouveau dans le brouillard et la température atteignait péniblement les 10°C. Le soir du 5^{ème} jour nos amis démontèrent les installations sur 50, 144 et 432 MHz et emballèrent tout, de façon à être prêts pour le retour le matin suivant en direction de ZS6.

Nous sommes restés 3 jours supplémentaires afin de donner des chances à d'autres stations de nous contacter sur une ou plusieurs des 5 bandes. La possibilité de changer de bande rapidement était à ce moment particulièrement avantageuse. Nous avons changé de bande en fonction des demandes et avons pu contacter encore bien des stations qui sinon nous auraient manqué. Pendant 2 jours, nous avons eu un magnifique

temps d'été avec de forts orages le soir. Le **3^{ème} et dernier jour**, nous étions à nouveau dans le brouillard avec une légère bruine, ce qui ne fut ni agréable ni idéal pour le démontage et l'emballage de l'équipement.

Le voyage du retour fut absolument sans problème. A la douane 3DAØ/ZS6, personne ne s'est intéressé à nous, et à l'aéroport de Johannesburg tout s'est passé sans heurts. Les douaniers de Kloten ont été étonnés par nos imposants bagages, mais ils nous ont laissé passer sans faire de contrôle. De retour à la maison, nous avons eu le plaisir de constater que notre équipement n'avait subi aucun dégât, ce qui signifie que nos boîtes de transport ont fait leurs preuves.

Pour résumer, on peut dire que la première expédition EME sur 8 bandes avec un total de 557 QSO fut, à notre entière satisfaction, un succès total.

Bilan

Nous sommes extrêmement satisfaits de notre installation. Les 161 QSO faits sur les 5 bandes, du 23 cm au 3 cm, ont dépassé nos attentes. Ce qui nous a particulièrement réjoui est que toute l'installation a fonctionné de bout en bout sans problème, que même par +30°C et sous un chaud soleil aucun problème thermique n'est apparu, que par vent et forte bruine tout est resté étanche, et enfin que dans les fortes rafales de vent la position de l'antenne en direction de la lune est restée précise et stable. La modularité normée des boîtes et des cornets d'illumination par bande a fait ses preuves. Il est aussi appréciable que nous ayons pu contacter sur 1296 et 23xx des stations à peine plus puissantes que nous. Sur 3400, 5760 et 10xxx il a même été possible de contacter des stations qui avaient un ERP plus faible que le nôtre. Vu sous cet aspect, avec notre installation portable il est possible de contacter 90% de toutes les stations actives en EME sur ces bandes. Ce qui fait que nous nous réjouissons déjà de notre prochaine expédition DX en EME!



Parabole de 1m50, groupement de 4 antennes 144 MHz et de 2 antennes 432 MHz

Nos Résultats: 557 QSO

144 MHz: 291 QSO

432 MHz: 47 QSO

1296 MHz: 66 QSO (4 CW, 62 JT65c), 22 DXCC, 5 continents

Plus petite STN contactée:

LZ4OC parabole de 2m35 grillagée, 150W à l'illuminateur (-28dB / R-28dB)

23xx MHz: 29 QSO (4 CW, 25 JT65c), 14 DXCC, 3 continents

Plus petite STN contactée:

PA7JB parabole de 2m40 pleine, 150W à l'illuminateur (-23dB / R-23dB)

3400 MHz: 16 QSO (2 CW, 11 JT65c, 3 JT4F), 9 DXCC, 3 continents

Plus petite STN contactée:

PA7JB parabole de 2m40 pleine, 50W à l'illuminateur (-18dB / R-14dB)

5760 MHz: 27 QSO (6 CW, 3 JT4F, 18 QRA64D), 16 DXCC, 5 continents

Plus petite STN contactée:

PA7JB parabole de 2m40 pleine, 30W à l'illuminateur (-18dB / R-20dB)

10xxx MHz: 23 QSO (4 CW, 3 JT4F, 15 QRA64D), 13 DXCC, 4 continents

Plus petite STN contactée:



L'article dans le «Times of Swaziland»