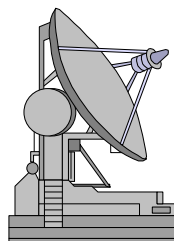


10 GHz BANDE ETROITE - TECHNIQUE ET PRATIQUE

Par Hervé BIRAUD (F5HRY)



BULLETIN D'INFORMATIONS
DES RADIOAMATEURS ACTIFS
EN HYPERFREQUENCES



HURC INFOS



Du début de l'assemblage d'un kit à la fin du premier QSO, il y a un chemin parfois un peu difficile à parcourir, que le récent possesseur d'un tranverter 3 cm soupçonne rarement... Loin du chemin de croix, il ne faut tout de même pas croire que tout est aussi simple, sous peine d'être déçu à jamais des hyperfréquences ! Analyse d'un bout de chemin.

I) Technique

Le but de l'article n'est pas de décrire le montage d'un tranverter 144/10368 MHz, ni même d'aborder dans le détail le monde des hypers. Il s'agit simplement d'une aide pratique destinée principalement aux débutants, répondant aux questions que je me suis moi-même posées lorsque j'ai débuté sur cette bande. Les OM avides de savoir théorique se référeront aux ouvrages traitant du sujet (voir les excellents et très abordables MICROWAVE HANDBOOK anglais), et les monteurs de tranverters au descriptif fourni avec le kit.

Je rappellerai seulement qu'il existe aujourd'hui deux grands standards de kits 3 cm bande étroite, l'un développé par G4DDK/G3WDG, l'autre par DF9LN/DB6NT (le premier a fait l'oscillateur local, le second les convertisseurs). Les deux descriptions sont fiables et reproductibles, et les prix relativement proches (compter environ 1500 à 2000 F pour 200 mW). La base est la même : un oscillateur local 2556 MHz à partir d'un quartz 106.5 MHz, un multiplicateur par 4 (OL 10224 MHz pour une FI de 144 MHz), des mélanges et étages amplificateurs basés sur des transistors bon marché (MGF 1302), et des filtres à cavité résonante. On notera que le montage devra être *excessivement soigné*, toutes les soudures et connexions réalisées au plus court, en réservant une attention toute particulière aux MGF 1302. En effet, même si ces FET sont moins fragiles qu'on le dit - ils sont en particulier bien résistants à la chaleur (évités toutefois le chalumeau) - ils sont sensibles aux surtensions parasites. La panne du fer à souder devra être reliée au boîtier pendant toute la phase de soudure des transistors.

En fait, le réel problème des hyperfréquences reste le réglage, qui nécessite malheureusement des instruments de mesure rares et très chers. Pour un résultat fiable, il faudra disposer d'un analyseur de spectre montant à la fréquence voulue, d'un milliwattmètre hyper, d'un fréquencemètre pour caler l'OL, d'un générateur hyper d'une stabilité raisonnable, plus de tout un tas de bricoles diverses et variées (filtres, coupleur directif, atténuateurs, raccords et adaptateurs SMA) ... bref, vous n'avez au mieux qu'une partie de tout ça, et dépendrez comme tout le monde du bon vouloir des autres. Mais rassurez vous, dans le petit monde des hyper, l'entraide est de mise !

A) L'émission et la réception

Le tranverter monté et réglé, vous devrez vous attaquer à tout le reste ! C'est ce "reste" qui différencie le 3cm des bandes "basses", ou il suffit généralement d'un bout de câble coaxial standard, d'une yagi et d'un relais standard pour faire le premier QSO.

1) L'émission (La puissance)

La puissance est l'un des points critiques du 10 GHz. Par puissance, on entend d'ailleurs des niveaux que l'on traiterait de QRP sur d'autres bandes. Le Watt sur 10 GHz est déjà un luxe de station QRO ...

On distingue grossièrement 4 niveaux de puissance :

- **10 à 40 mW** : C'est le niveau nominal d'un MGF1302. Il s'agit de la puissance minimale pour espérer faire un contact à courte distance (< 100 km). Sous des conditions normales de propagation, le DX n'est guère envisageable.

- **100 à 200 mW** : C'est le niveau nominal atteint avec des transistors type MGF1601 ou 1801. Il existe des kits, vendus très cher. On verra plus loin le moyen de réaliser soi-même des amplis 3cm. A ce stade, je conseille de n'acheter que le transistor (Chez GIGATECH par exemple), et les composants critiques (notamment les condensateurs de liaison, qui doivent être d'excellente qualité). Avec environ 200 mW, le 10 GHz s'ouvre réellement à vous, et des QSO à 300/400 km sont fréquents (j'ai contacté G4RFR/P à 414 km avec 100 mW).

- **1 W** : C'est un étage de plus qu'un MGF1801. Cette puissance est atteinte avec un MGF2124, 2430 ou similaire (je n'ai pas d'actions chez MITSUBISHI !). Il existe un kit chez G3WDG et des montages câbles et réglés chez DB6NT, mais à des prix déraisonnables. Il faut être honnête, et préciser que les transistors sont chers et pratiquement introuvables. A mon sens, on se reportera sur des transistors trouvés dans les nombreuses brocantes, particulièrement chez des revendeurs comme Electronique Diffusion (ex-BERIC sur Paris). Il faudra un peu de chance, d'audace et d'habitude pour prendre des transistors qui auront un "look" hyper. On trouve des choses entre 100 et 200 F (attention aux prix qui flambent avec l'essor du 3 cm). L'ampli sera réalisé avec les mêmes méthodes décrites plus loin. Avec 1 W, vous ferez partie des stations sur qui on peut compter !

- **10 W** : Soit vous êtes très riche et chanceux, et vous avez pu trouver et acheter un transistor (plusieurs milliers de F), soit vous êtes pauvre et très chanceux, et vous avez récupéré un TOP (Tube à Onde Progressive). L'avantage de l'ampli à transistor réside essentiellement dans la simplicité de l'alimentation et la taille physique du résultat final. L'inconvénient, outre le prix et la rareté, réside dans la faiblesse du gain (environ 6 à 8 dB suivant le transistor). L'ampli à TOP vous procure un grand gain (30 à 50 dB), mais nécessite une alimentation HT complexe et protégée (une des électrodes est TRES fragile). De plus le résultat final est encombrant (le 3cm s'effectue souvent en portable). On commence toutefois à trouver des TOP à des prix raisonnables (compter 100F/W), mais fréquemment sans alimentation. Pour cette dernière, voir l'excellent travail de FIGHB et FIJGP dans le proceedings de SEIGY 1996.

2) La réception (Le facteur de bruit)

Le transverter que vous aurez monté et réglé aura classiquement un facteur de bruit de l'ordre de 3 dB. C'est ce que l'on obtient avec du soin d'un MGF1302, on fait un peu mieux avec un 1303. Si le gain total de conversion du transverter est élevé (pas d'étage intermédiaire HS !), ce transistor d'entrée sera suffisant dans bien des cas. Assorti à une parabole de 60 cm, vous serez généralement limité par votre puissance d'émission, mais pourrez également espérer des QSO à 300/400 km.

Pour mieux faire, il existe plusieurs solutions :

- **Tête TV SAT modifiée** : En prenant une tête 11 GHz du commerce (environ 200 F), vous pourrez obtenir beaucoup de gain, et un très bon facteur de bruit (<1 dB). Malheureusement, la modification n'est pas simple, et l'entrée se fait directement en guide d'onde (qui n'est pas le même que celui utilisé couramment sur 10 GHz, mais qui fonctionne toutefois à 10368 MHz). De plus, cela implique l'utilisation d'une commutation en guide d'onde, et le commutateur est très difficile à trouver. Je déconseille actuellement cette solution, à moins d'être un bon bricoleur, déjà expérimenté en hyper.

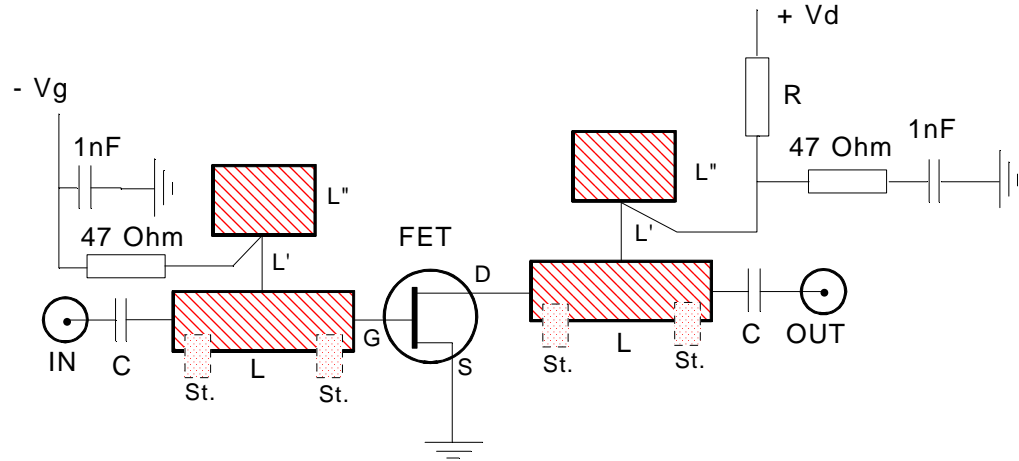
- **Kit** : On trouve des kits, ainsi que des modules montés et mesurés chez G3WDG, DB6NT et DJ9BV. En regard du prix des transistors, de la précision de la gravure du circuit imprimé que nécessite un montage faible bruit à 10 GHz, je conseille cette solution (c'est assez cher tout de même). La base de ces préamplificateurs sont des transistors HEMT, et on obtient moins de 1 dB avec du soin. Ces préamplis sont "no tune", c'est à dire sans réglage.

- **Préampli "home made"** : Celui qui n'aura pas voulu investir dans un kit pourra se rabattre sur un montage personnel similaire à celui des amplis de puissance. On trouve actuellement (merci au développement de la TV par satellite) des HEMT excellents (NF théorique <0.5 dB) pour moins de 100 F ! Avec un peu de soin et quelques composants cruciaux, on peut atteindre 0.8 dB pour moins de 200 F, tout compris. C'est la bonne solution pour celui qui a du temps, mais peu d'argent ...

3) Les amplificateurs à 10 GHz (transistors)

Qu'il s'agisse d'émission ou de réception, faire un amplificateur 3cm à transistor est relativement simple, peu coûteux, mais nécessite quelques composants et connaissances de base. Je ne vais pas entrer dans le détail de la description, dont la théorie existe dans les ouvrages amateurs qui traitent des hyperfréquences.

Le principe de base est le suivant :



a) L'alimentation

Le transistor est monté source à la masse, nécessitant de polariser la grille négativement. La tension négative peut facilement être réalisée avec un convertisseur +/- spécialisé (le plus courant est l'ICL 7660, environ 15 F). La variation de tension de polarisation est obtenue par un pont diviseur variable (I_g est très faible), et permet de régler le courant drain du transistor. La plupart des montages basse puissance (et les préamplis) fonctionnent en classe A, le courant drain étant pratiquement indépendant de la HF arrivant sur la grille. Pour les montages au dessus de 100 mW, on fera travailler les transistors en classe AB. Pour connaître les valeurs des tensions et courants à obtenir sur votre montage, vous vous référerez à la doc. constructeur.

Globalement, pour un FET monté en préamplificateur, vous respecterez :

- $I_d = 10 \text{ mA}$
- $V_{ds} = 3 \text{ V}$

Pour les HEMT, la valeur maximale de V_{ds} peut être inférieure à 3 V. Protégez votre transistor par une diode zéner de 2.7 V, et travaillez à $V_{ds} = 2 \text{ V}$.

Pour les FET montés en étage amplificateur d'émission, les valeurs précédentes restent correctes pour des étages bas niveau. Pour des niveaux supérieurs, le courant drain devra être largement augmenté : 40 mA pour un 1302, 100 à 150 mA pour des 1601/1801, 500 mA à 1 A pour les transistors frôlant ou dépassant le Watt ! Le courant drain sera mesuré par l'insertion d'une résistance (R sur le schéma) en série dans le drain (quelques ohms, à choisir en fonction de la consommation drain).

Les alimentations (gate et drain) du transistor seront amenées aux jonctions des lignes L' et L''. Pour stabiliser le montage, et éviter des oscillations aux fréquences basses, on découplera les alimentations par une cellule composée d'une résistance de 47 Ohm et d'un condensateur de découplage de 1 nF (valeurs approximatives). La résistance sera mise en série sur l'alimentation de gate (courant faible). Elle sera mise en série sur l'alimentation drain pour les amplificateurs bas niveau (10 à 20 mA), et en parallèle pour les étages de puissance.

b) Le circuit imprimé (support et gravure)

Inutile d'essayer de construire des amplis 3cm sur du verre époxy, les pertes de ce matériau aux fréquences élevées sont bien trop importantes. Les supports utilisés au dessus de quelques GHz sont bien particuliers, le substrat étant basé sur des matières "nobles" comme le Téflon ou la céramique. Dans le milieu amateur, pour des raisons de coût et de simplicité, on se reporte sur quelques supports standards, distribués par les revendeurs spécialistes en hyper (GIGATECH en particulier). Le plus connu est le DUROID 5870, en

épaisseur de 0.79 mm. On trouve également assez facilement du CuClad 233 et de l'ULTRALAM. Certains supports sont distribués en épaisseurs plus fines, et les pertes étant alors encore inférieures (intéressant pour les préamplis). Ces supports sont tout de même très chers, il faut compter environ 100F/dm² pour du DUROID 5870 pré sensibilisé. Mais vous n'avez guère le choix !

Une fois le support acquis, il vous faudra le graver afin d'obtenir le circuit souhaité. Plusieurs solutions s'offrent à vous :

1) Vous disposez d'un support pré sensibilisé et du transparent adéquat. Le transfert se fait alors comme un circuit classique. Vous veillerez seulement à vérifier que le circuit a bien été étudié pour le support considéré (même diélectrique et même épaisseur). On peut obtenir le transparent en photocopiant, exclusivement sur plastique translucide pour rétro projecteur, le schéma récupéré sur l'article correspondant au montage souhaité. Attention à l'échelle, les schémas étant souvent présentés en agrandissement de la taille réelle !

2) Vous ne disposez pas d'un support pré sensibilisé (plus facile à trouver et beaucoup moins cher). Vous pouvez alors soit :

- pré sensibiliser votre support à l'aide d'un aérosol prévu à cet effet. C'est plutôt acrobatique, et le résultat pour le moins incertain. On a toujours tendance à en mettre trop ou pas assez, et le temps d'insolation est très critique. A ces fréquences, la précision de la gravure est fondamentale.

- "peler" votre support, afin de conserver uniquement le cuivre souhaité. Cela peut paraître étrange au néophyte, mais cette méthode, qui requiert tout de même beaucoup de patience et d'habileté, est très adaptée aux supports du type DUROID. On jouera du cutter très fin, en veillant à ne pas passer "au travers" (le substrat est plutôt "mou", comparativement au verre epoxy). De plus, vous ferez des économies de perchlore de fer, et éviterez les disgracieuses tâches indélébiles sur les vêtements.

- "masquer" certaines parties du cuivre, en apposant du feutre indélébile, du vernis ou autre substance résistante au perchlo. Je vous déconseille cette solution, qui s'avère risquée et peu précise. Par contre, FIGHB a décrit dans Radio Ref (juin 1993), une solution astucieuse à base de transferts Mecanorma. Je ne l'ai pas encore essayée, mais il paraît que c'est très efficace !

En tout état de cause, quelle que soit la solution retenue, vous gagnerez énormément à argenter votre circuit avant de procéder à la soudure des composants. On trouve de l'argenteure à froid chez CIF (Circuit Imprimé Français) ou HBN. Je vous conseille de vous regrouper pour l'achat et partager le précieux liquide ... c'est très cher (200 à 300 F le demi litre), et quelques dizaines de centilitres par personne suffisent à toute une vie !

c) Lignes, composants et accessoires

Le coeur de l'amplificateur est la ligne, référencée L sur le schéma. Cette ligne reçoit les alimentations, et servira à l'adaptation du transistor.

La technique utilisée dans les amplis hyperfréquences, dite micro stripline, consiste à dessiner une (des) ligne qui assurera au transistor la meilleure adaptation, donc le transfert d'énergie le plus efficace entre l'entrée et la sortie. Le dessin de cette ligne dépendra :

- De la fréquence utilisée
- De la nature du support (diélectrique et épaisseur)
- De l'impédance d'entrée et de sortie du montage (en général 50 Ohm)
- Des paramètres (impédance complexe) du transistor à la fréquence utilisée

Tout se calcule ! Avec un peu de patience et pas mal de connaissances, vous pouvez, abaque de Smith et paramètres du transistor à la main, faire votre propre design. C'est long et assez fastidieux. Moins courageux, vous pourrez vous faire aider par un logiciel prévu à cet égard. Il en existe de plus ou moins sophistiqués, et des pubs traînent dans la littérature spécialisée (VHF Communications par exemple).

Sans connaissances du tout, mais avec une patience infinie, vous pourrez recopier un design déjà étudié par quelqu'un d'autre. C'est peu gratifiant, le résultat est aléatoire et vous serez tout de même amené à retoucher les lignes lors de la phase de réglage.

La bonne solution, tout à fait dans l'esprit amateur bidouilleur, est simple. Puisque l'impédance d'entrée (et de sortie) du montage est fixée à 50 Ohm, on tracera une ligne 50 Ohm entre l'entrée et la sortie, que l'on coupera au niveau du transistor et des deux condensateurs de liaison (C sur le schéma). Le **chiffre magique**

est 2.2 mm, largeur d'une ligne 50 Ohm pour du DUROID 5870 en 0.79 mm d'épaisseur. Pour d'autres substrats ou épaisseurs, il faudra recalculer la largeur.

Outre la ligne 50 Ohm, vous laisserez les deux lignes référencées **L'** et **L''** sur le schéma. Ces lignes sont des **quarts d'onde à 10368 MHz**, haute impédance (environ 100 Ohm) pour L' et basse impédance (environ 10 à 20 Ohm) pour L''. Leurs tailles et leurs formes dépendent de la constante diélectrique du substrat (ϵ_r), et de son épaisseur.

L' étant une ligne haute impédance, elle devra être fine. Pour garder une dimension mécanique raisonnable, compatible avec les moyens de gravure amateur ou permettant de peler le support, on prendra une largeur de **0,5 mm** environ. Pour du DUROID 5870 en 0.79 mm, L' aura alors une longueur de **5.3 mm**. Dans les montages DB6NT cette ligne est gravée sur le support. Chez G3WDG, elle n'est pas gravée mais L' et L'' sont reliées par un fil fin, plaqué sur le substrat. C'est moins bon, mais tout à fait acceptable pour un montage amateur. Pour les transistors de puissance, on s'assurera que la largeur de la ligne L' (ou le diamètre du fil dans le cas de la méthode G3WDG) dans le drain est compatible avec la consommation du transistor.

L'' étant une ligne basse impédance, elle sera beaucoup plus large que L'. Sa forme pourra être un petit rectangle, plus ou moins large en fonction de l'impédance choisie. Pour du DUROID 5870 en 0.79 mm, avec une ligne de 20 Ohm, L'' fera **4.9 mm x 7.8 mm**. Attention de bien positionner le rectangle. Pour les paramètres précédents, sa largeur est plus grande que sa longueur (voir schéma). Dans les designs DB6NT et G3WDG, L'' est un triangle dont la base est arrondie ou non (une sorte d'aile de papillon). C'est la forme la plus adaptée (elle est "large bande"), mais un peu plus difficile à reproduire selon les moyens "artisanaux" décrits précédemment.

On notera au passage que la longueur d'un quart d'onde à 10368 MHz en stripline pour un substrat ayant un ϵ_r de 2.5 est de **5 mm** environ (cela dépend de la largeur de la ligne comme on vient de le voir, 5.3 mm pour L' et 4.9 mm pour L''). C'est, au même titre que la largeur d'une ligne 50 Ohm pour du DUROID 5870 en 0.79 mm, une valeur à stocker dans un coin de vos neurones !

Enfin, en plus de la faiblesse de leurs pertes, les substrats plus fins permettent d'obtenir des dimensions mécaniques plus intéressantes pour les lignes. Ainsi, pour du DUROID en épaisseur de **0.38 mm**, la ligne 50 ohm ne fera plus que **1.1 mm** de large (c'est plus adapté aux capas CMS et aux contacts gate et drain des transistors), et L'' sera réduite à **5.2 mm** de large pour une impédance de 15 Ohm (elle sera donc presque carrée !).

Les composants et accessoires nécessaires par ailleurs sont :

- Les condensateurs de liaison
- Le boîtier
- Les fiches coaxiales

Les condensateurs de liaison seront impérativement des **CMS d'excellente qualité**, spécialement étudiés pour les hyperfréquences. Leur valeur n'est pas critique, l'ordre de grandeur étant de quelques pF (on choisira dans la gamme 1 à 4,7 pF). Les valeurs plus importantes peuvent, pour des composants de moindre qualité, présenter une résonance à 10 GHz. Parmi les références de choix, les plus connus sont les ATC, vendus sous différents boîtiers. Ne soyez pas étonnés du prix, cela peut valoir plusieurs dizaines de francs l'unité ! On trouve des condensateurs dits "High Q" chez GIGATECH à un prix raisonnable, et qui conviennent parfaitement. Toute autre solution, notamment à base de CMS de récupération trouvés sur des platines destinées à un tout autre usage que les hyperfréquences, **est à proscrire**.

Le montage devra bien entendu être implanté dans un boîtier HF. Les boîtiers en fer blanc étamé conviennent très bien. Un petit conseil (stupide car évident) : Faites votre design d'amplificateur en fonction des dimensions de boîtiers disponibles ... A cet égard, je vous indique que les préamplis et les amplis bas niveau, simple étage, tiennent dans un boîtier 37x37x30, le plus petit disponible couramment. Enfin, les plus courageux et les mieux outillés pourront se fraiser des boîtiers sur mesure. C'est la solution des professionnels et, bien entendu, la meilleure ! Mais tout le monde ne dispose pas d'une fraiseuse dans son studio ...

Les fiches coaxiales seront impérativement prévues à l'usage des hypers. Inutile de s'essayer à la PL ou la BNC, autant faire cuisiner Bocuise avec des produits Leader Price ! Certaines fiches N "montent" à 10 GHz, mais on leur préférera des SMA, ou éventuellement des SMC. L'avantage des SMA réside dans leur simplicité de montage et d'utilisation, et dans la facilité d'en trouver à des prix raisonnables. S'agissant de **la** fiche hyper des professionnels, tous les produits de récupération en fournissent abondamment, et il n'est pas difficile de s'en constituer un stock conséquent. On en trouve également chez les revendeurs de composants, mais à des prix parfois hors de propos. Le bon prix, pour une embase femelle SMA standard en bon état, est entre 10 et 20 F. Enfin, et c'est probablement le point le plus important, la quasi totalité des accessoires et instruments de mesure

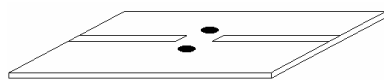
hyper sont en SMA ! Chaque raccord, transition ou longueur de câble coaxial (même faible) étant une source de pertes et d'incertitudes, on comprend aisément l'intérêt d'utiliser le standard des autres ...

d) Montage et réglage

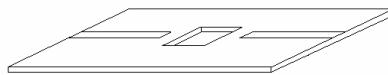
Le montage de l'amplificateur doit commencer par la fixation du transistor. Le principe à respecter est d'avoir les liaisons les plus courtes possibles, particulièrement au niveau de la mise à la masse des contacts de source.

Dans le cas des étages bas niveau (MGF 1302 ou 1601), on pourra s'inspirer de la méthode de DB6NT en fendant le support, en y logeant les contacts de source, et en les soudant en retour sur le plan de masse. C'est simple et très efficace. G3WDG utilise une méthode à base de "vero-pin", une sorte de petit rivet traversant le support, soudé sur le plan de masse, et sur lequel on vient appliquer les sources. L'avantage principal de cette méthode est qu'elle facilite grandement le remplacement du transistor en cas de décès intempestif ! Par contre, pour des rivets de faible diamètre, elle rajoute un effet inductif propice à l'auto oscillation du montage. On utilisera donc des rivets ayant au moins la largeur des contacts de source d'un MGF 1302. Une solution intermédiaire, à mi chemin entre les deux méthodes citées, consiste à fendre le support sur quelques millimètres, à y loger un petit bout de clinquant que l'on soudera en retour sur le plan de masse. Le transistor pourra ainsi être remplacé sans difficulté, et la composante inductive de mise à la masse sera faible.

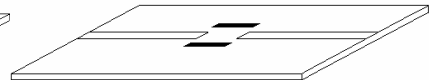
Dans le cas de montages basés sur des transistors dont la source est une semelle (à partir du demi watt environ), il faudra faire attention à disposer un bon dissipateur thermique, associé à une mise à la masse la plus courte possible. C'est évident et simple à dire ... un peu plus compliqué à mettre en oeuvre.



"vero pin"



transistor avec semelle



support fendu

La bonne solution, de loin la plus contraignante, consiste à fraiser un petit pavé de laiton, de manière à inscrire la semelle du transistor pour que, une fois en place, les contacts de gate et de drain affluent juste les pistes. On découpe le support (au cutter) en reproduisant la forme de la semelle. On soude ensuite le bout de laiton sur le plan de masse (donc au revers du circuit imprimé), et on le perce pour recevoir la fixation de la semelle du transistor. Enfin, on adjoint au bout de laiton un dissipateur classique, via un peu de graisse silicone thermoconductrice.

Dans le même ordre d'idée, si vous disposez d'un boîtier avec un fond (type boîtier fraisé en aluminium), vous pouvez insérer, entre le plan de masse du CI et le fond du boîtier, une petite plaque de laiton d'une épaisseur égale à celle du transistor (côte prise entre le dessous de la semelle et la source ou le drain), de dimensions égales à celles du fond du boîtier, et ajourée à l'emplacement du transistor. Le transistor sera ensuite boulonné sur le fond du boîtier. L'avantage premier est qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'une fraiseuse (une perceuse et une lime suffisent). Par contre, il faudra veiller à obtenir une très bonne continuité radioélectrique à la jonction des différents plans (CI/laiton et laiton/fond du boîtier).

Une solution plus artisanale consiste à plier un morceau de feuille de laiton, de manière à lui faire épouser au mieux la forme de la semelle, et obtenir une forme proche de la précédente description. En général, les contacts thermiques et électriques sont de moins bonne qualité, mais cette solution est mécaniquement plus simple. A n'employer que pour des transistors de quelques centaines de mW.

Enfin, beaucoup plus sauvage mais testé avec succès par mes soins, vous pouvez souder directement la semelle du transistor sur le plan de masse ! Dans un premier temps, soudez la gate et le drain sur les lignes (cela positionne le transistor à la bonne hauteur par rapport au support), puis la source par une collerette de soudure sur toute la périphérie de la semelle. Ajoutez ensuite un dissipateur directement vissé sur la semelle, et vous obtiendrez une excellente conduction thermique, associée à la plus courte connexion de source possible. Outre le risque de destruction du transistor par surchauffe lors de la soudure, vous imaginez que cette solution rend le remplacement du transistor très difficile. A n'employer que si vous n'avez récupéré qu'un unique transistor, et à un prix modéré ...

Le reste du montage n'a rien de très particulier. Je vous conseille de respecter l'enchaînement suivant :

- Fixation du transistor
- Soudure des condensateurs de liaison
- Percement du boîtier et soudure des SMA et des 2 by pass
- Assemblage et soudure de la boîte (sauf le fond et le couvercle)
- Positionnement du support puis soudure

On notera seulement que le support sera soudé, comme tout montage HF, sur toute la périphérie du plan de masse, et que les âmes des SMA devront affleurer les pistes.

Après avoir fini le montage et raccordé les alimentations, il va falloir procéder au réglage... Comme je l'ai évoqué précédemment, il s'agit ici de la partie la plus critique, parce que nécessitant l'usage d'instruments de mesure adaptés. C'est toutefois la plus agréable, avec cette douce sensation ressentie maintes fois de voir l'aiguille partir à droite !

Le mieux est de disposer d'un analyseur de spectre, d'un bolomètre (milliwattmètre hyper) et d'un coupleur directif. Vous pouvez ainsi visualiser votre signal (nombre et intensité des raies) et en mesurer la puissance. La version minimale est de disposer uniquement du bolomètre, voire d'une simple détection qui vous permettra, si ce n'est de lire une valeur absolue, du moins d'effectuer un maximum lors du réglage. Dans ce cas, il est fondamental que le signal appliqué à l'entrée de l'ampli soit le plus pur possible.

Afin de préserver au mieux vos instruments de mesure, je vous conseille de prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter la destruction des sondes et détecteurs qui sont **très fragiles**. En fonction de la puissance de sortie envisagée (en tenant compte des risques d'auto oscillation), vous insérerez les atténuateurs nécessaires entre la sortie et l'instrument de mesure pour que la puissance **n'excède jamais 10 dBm** (10 mW) à l'entrée de l'instrument.

Dans un premier temps, il est fondamental de tester séparément les tensions d'alimentation (sans alimenter le transistor, bien entendu). Puis, en ayant relié les alimentations au transistor mais sans appliquer de HF à l'entrée de l'ampli, vous ferez varier V_g à partir de la valeur la plus négative (transistor bloqué) jusqu'à obtenir le courant drain souhaité. V_g est alors dans une fourchette entre -1 et -0.5 V (valeur donnée à titre indicatif). Puis, vérifiez que votre montage n'auto-oscille pas en s'assurant que la puissance de sortie est nulle (descendre si nécessaire aux faibles calibres du bolomètre, vers -10 ou -20 dBm). Si le montage auto oscille, il se peut que cela soit passager, et que le réglage ultérieur stabilise le circuit. Sinon, de mauvaises liaisons de source ou de trop longues connections gate ou drain peuvent être à l'origine de l'oscillation.

Ensuite, appliquer un peu de signal 10368 MHz à l'entrée (environ 1/10 de la valeur nominale), et détecter une déviation du bolomètre. Vous devez trouver quelque chose, même faible, parfois nettement moins que la puissance insérée. Prenez alors un petit morceau de laiton (environ 3mm x 3mm) découpé dans une feuille assez fine, 1/10 mm par exemple, et faites le tenir à l'extrémité d'une tige isolante. J'utilise couramment un bout d'epoxy (sans son cuivre, bien entendu) en guise de tige, et un point de colle type "Scotch" pour faire tenir le morceau de laiton. Celui ci doit tenir suffisamment pour être et rester solidaire de la tige, mais doit pouvoir s'en détacher pour être soudé le moment venu ... Tout un art ! Certains emploient de la feuille de cuivre auto collante, ou des petits morceaux de circuit imprimé (simple face avec un point de colle, ou double face avec un point de soudure sur la tige) qui donneront la position et la taille du bout de laiton à souder ultérieurement à l'emplacement optimum. Chacun a sa propre méthode, la mienne est donnée à titre indicatif !

Ce petit bout de laiton, référencé **St.** (pour **stub**) sur le schéma, sera déplacé sur la ligne L de manière à obtenir un maximum de puissance en sortie. Une fois le maximum atteint, vous soudez le bout de laiton à l'emplacement trouvé, en ayant pris soin de débrancher préalablement l'alimentation de l'ampli. Recommencez ensuite avec un nouveau bout de laiton, sur l'autre partie de la ligne (la sortie si vous aviez commencé par l'entrée), et soudez le stub. Vous pouvez à nouveau recommencer, mais il n'est pas utile de transformer votre ligne en sapin de Noël ! En général, 2 stubs bien positionnés, l'un près du transistor, l'autre à une longueur environ égale à un quart d'onde du précédent, suffisent à régler l'entrée (ou la sortie) de l'amplificateur. En jouant sur la taille du bout de laiton, on trouve souvent un accord quasi parfait avec un seul stub. Les accords sont souvent francs, mais s'ils le sont trop, cela peut provenir d'une auto oscillation que vous ne détecterez facilement qu'à l'analyseur de spectre. A noter qu'il existe d'autres méthodes, basées notamment sur de la peinture à l'argent. Une fois de plus, c'est la meilleure solution, celle des professionnels, mais bien plus délicate d'emploi.

Cette méthode de réglage vaut donc pour tous les types d'amplis 3cm, qu'ils soient préamplificateurs de réception, amplis d'émission bas niveau ou étage de puissance. Pour les préamplificateurs, la méthode de réglage décrite précédemment ne donne qu'un maximum de gain, et ne constitue pas une mesure du facteur de bruit. Toutefois, comme aux plus basses fréquences, le maximum de gain correspond pratiquement au minimum de facteur de bruit, et il n'est intéressant de peaufiner le dixième de dB que pour les applications très

pointues comme l'EME. Il faudra alors disposer d'un mesureur de bruit, **avec une diode étalonnée à 10 GHz**, ce qui relève de la rareté totale ! Les plus courageux pourront construire le PANFI de DJ9BV, associé à la diode de bruit décrite dans un récent DUBUS (02/96).

On notera enfin que certains transistors sont préadaptés entrée/sortie à 50 Ohm dans une gamme de fréquences déterminée (Ex: FUJITSU FLM 0910-2 est un 2W préadapté entre 9.5 et 10.5 GHz). Le réglage est alors quasi immédiat, pour peu que le transistor soit préadapté pour une bande incluant la bande amateur (ou proche). Il est également possible, selon les mêmes méthodes, d'adapter à 10368 MHz un transistor préadapté pour une autre bande. On peut ainsi faire "descendre" à 3 cm un NEC 900474-15 (31 dBm préadapté à 15 GHz, disponible une époque chez Electronique Diffusion pour un coût modique). Ce transistor équipe la balise du 45 sur 10368.060 Mhz.

Pour clore ce chapitre réglage, sachez qu'il se peut que l'amplificateur se mette à gracieusement auto osciller lorsque, les réglages terminés, vous fermerez le boîtier (le couvercle engendre un effet "guide d'onde" du boîtier). C'est très classique, et ce phénomène est facilement neutralisé par la fixation, sur l'intérieur du couvercle, d'un morceau d'absorbant hyper prévu à cet effet. L'absorbant hyper est une matière fine, souple et dense, qui ne ressemble pas aux mousses de carbone que l'on trouve en guise de supports de circuits intégrés. Je vous conseille d'en prévoir dans tous vos amplis. On peut s'en procurer chez G3WDG (*lossy rubber* pour les anglais). La mousse de carbone pour circuits intégrés peut convenir dans certains cas "faciles", mais peut être inopérante sur des montages plus récalcitrants ... De plus, elle a tendance à mal vieillir et à se désagréger avec le temps.

B) Du transverter à l'antenne

Malheureusement, tout ce qui précède n'est pas suffisant pour faire un QSO ... Il va falloir encore pas mal de travail et de matériel pour concrétiser l'investissement !

1) Coaxial, guide, transitions, relais

a) Câble coaxial

Pour véhiculer du 3 cm d'un point à un autre d'un montage, vous pouvez utiliser soit du câble coaxial, soit du guide d'onde. Le câble coaxial, si bon soit-il, est une source de pertes importantes. On ne l'utilisera que pour des liaisons courtes (moins de 20 cm) entre les boîtiers, et on choisira exclusivement des câbles prévus à cet effet. Les câbles hyper sont en majorité des semi-rigides dont l'extérieur est en cuivre plein (pas une tresse), et l'isolant en Téflon. Le plus classique est référencé UT 141 (diamètre extérieur 3.6 mm), que l'on trouve facilement équipé de 2 fiches SMA en petites longueurs. Le prix moyen est aux alentours de 20 F dans les brocantes. Récupérez-en un maximum, ça sert toujours ! Ce câble se travaille assez facilement, et vous pourrez lui faire adopter la forme souhaitée pour rejoindre 2 boîtiers. Il existe des semi rigides de diamètres inférieurs (UT 085, 2.2 mm), plus facile à travailler, mais qui présentent encore plus de pertes que l'UT 141. A n'utiliser que pour des liaisons très courtes où, comme c'est parfois nécessaire, comme atténuateur de faible valeur ...

b) Guide d'onde

Le guide d'onde est un matériel très caractéristique des hyperfréquences, un peu déroutant pour le néophyte. Le principe de guidage d'une onde dans un matériau creux (sans âme, à la différence d'un câble coaxial) fait appel aux notions les plus complexes d'électromagnétisme qu'il n'est pas ici question d'aborder. Les curieux se reporteront aux ouvrages professionnels, sachant qu'il n'existe rien de très poussé, à ma connaissance, dans la littérature amateur.

Le guide d'onde se présente sous forme d'un matériau creux, à base d'alliages de cuivre, dont la section la plus classique est rectangulaire. Il existe également du guide d'onde en aluminium (voire en matériau plus exotique), et des sections moins usuelles (circulaires ou elliptiques). Un guide se caractérise par la bande de

fréquences qu'il peut véhiculer, et une valeur critique qui est la fréquence basse de coupure (cut off). Le guide d'onde est en effet "passe haut", la valeur haute donnée dans la littérature étant celle où le guide s'arrête de fonctionner en mode "principal" (dit TE 1,0). Entre d'autres termes, un guide peut fonctionner au dessus de la bande pour laquelle il est donné.

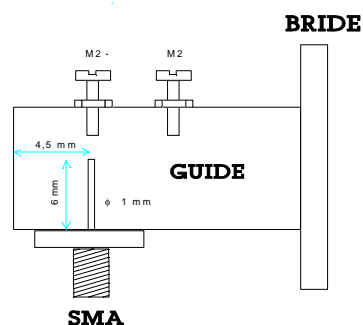
Les dimensions internes du guide déterminent cette bande de fréquences. L'avantage principal du guide d'onde réside dans la faiblesse des pertes qu'il engendre (s'il est en bon état mécanique et pas oxydé). L'inconvénient majeur reste le travail mécanique qu'il nécessite, plus proche de la plomberie que de l'électronique. Les bouts de guide d'onde se rabotent par de petites plaques appelées brides. Chaque type de guide possède son propre modèle de bride (avec quelques possibilités de variante toutefois).

A 10368 MHz, le guide couramment utilisé est référencé WR90 dans la norme EIA (ou WG16 dans la norme RCSC et R100 dans la norme IEC). Ses dimensions externes sont de 25.4 mm x 12.7 mm (soit 1 pouce x 1/2 pouce) et la bride fait 41 mm x 41 mm. Il est donné pour la bande 8.2 à 12.5 GHz, la fréquence de coupure étant 6.5 GHz. On en trouve très facilement dans toutes les brocantes amateur, avec ou sans brides, neuf ou usagé, droit ou coudé ... Le bon prix pour un bout de guide de quelques dizaines de cm avec 2 brides ne doit pas excéder 50 F. Un coude vaut dans les 20 F, une bride soudable guère plus de 10 F. Il existe des pièces plus rares qui peuvent valoir plus cher, comme du guide souple qui est parfois très utile (prévoir environ 100 F avec 2 brides, mais ne prendre que du matériel en très bon état, le guide souple est fragile), du guide vrillé (changement de plan), un joint tournant etc ... Je vous conseille de récupérer le maximum de guide et accessoires avant de vous lancer dans le 3 cm.

Petite précision qui peut s'avérer utile : il existe deux types de brides. L'une est plate, et l'autre dispose de 2 gorges concentriques. En partant de l'extérieur de la bride, la première gorge est destinée à recevoir un joint caoutchouc pour assurer l'étanchéité (on peut s'en passer pour une liaison dans une boîte déjà étanche). Il assure également l'étanchéité de l'intérieur vers l'extérieur lorsque le guide est pressurisé (pour les fortes puissances, uniquement pour les professionnels). La deuxième est un **piège**, dont la profondeur est un quart d'onde à 3 cm de longueur d'onde, destiné à diminuer les fuites radioélectriques dues à un ajustement mécanique imparfait entre les brides. Attention : Une bride à piège fixée en regard d'une autre bride à piège n'aura aucun effet. On peut fixer 2 brides plates en regard sans dégrader la continuité du guidage. Les fuites radioélectriques sont un phénomène négligeable au niveau amateur car les puissances employées sont faibles et les risques de perturbation quasi inexistant.

c) Transition câble coaxial / guide d'onde

Pour passer d'un câble coaxial à un guide d'onde, il faut une pièce appelée transition. Une transition est un bout de guide d'onde, fermé à une extrémité, et muni d'une fiche coaxiale surmontée d'un élément rayonnant. Pour des raisons complexes liées au mode de propagation d'une onde dans un guide, cet élément rayonnant n'a pas la longueur physique d'un quart d'onde à 3 cm. Les bonnes cotes pour une transition à 10368 MHz pour du guide WR90 sont :



Transition vue en coupe, la fiche SMA est fixée sur le côté large du guide (2.54 cm)

On adjoint fréquemment, dans l'axe du guide, un réglage fin par une (ou plusieurs) vis de 1.5 ou 2 mm, munie d'un contre-écrou. Dans le cas du réglage par une seule vis, elle devra être située juste au dessus de l'élément rayonnant. Cette vis permet d'ajuster au mieux le TOS de la transition. Elle n'est pas fondamentale, mais il est conseillé d'en prévoir lors de la fabrication de la transition. Attention tout de même, une transition de ce type est assez difficile à régler.

Afin de gagner en largeur de bande, on peut faire un élément rayonnant d'un diamètre plus important (3 ou 4 mm), sur toute sa longueur, ou uniquement en extrémité (sur les 5 derniers mm). Ce n'est pas fondamental pour l'application qui nous intéresse, mais ça permet de s'affranchir un peu du problème de réglage.

Dans les brocantes amateur, on trouve encore assez facilement des transitions professionnelles, munies d'une fiche SMA ou d'une N. Elles sont souvent issues d'instruments de mesure, et parfois couplées à un petit cornet. Avec l'engouement actuel pour le 3 cm, les prix ont flambé de manière déraisonnable ! Il faut aujourd'hui compter environ 100 F, ce qui me paraît être l'extrême limite supérieure pour une transition. De plus, certaines d'entre elles sont optimisées pour des fréquences éloignées de 10368 MHz, et un "retouillage" ultérieur est nécessaire. Les plus argentés pourront trouver chez PROCOM ou G3WDG des transitions neuves et étincelantes dont l'avantage est d'être déjà optimisées à 10368 MHz.

A mon sens, gardez vos FF pour d'autres achats plus fondamentaux, et construisez votre transition. C'est facile, plutôt amusant, et c'est une excellente première bidouille sur 10 GHz ...

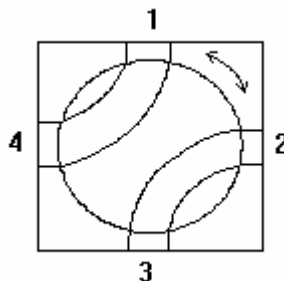
d) Relais

Comme sur toutes les autres bandes, il faut bien, à un moment ou à un autre, commuter la HF... Si ce n'est qu'aux fréquences très élevées, il est beaucoup plus difficile d'obtenir :

- De faibles pertes d'insertion
- Une bonne isolation
- Une bonne tenue à la puissance

Il existe deux façons de commuter du 10 GHz. On peut utiliser un relais coaxial, pour peu que celui ci soit prévu à cet effet. Les relais coaxial hyper sont en majorité équipés de fiches SMA, la bobine étant alimenté en 24/28 V. Les plus connus sont de marques RADIALL, RLC ELECTRONICS, SILVERS LAB, TRANSCO, TELEDYNE, AMPHENOL etc... La perte d'insertion à 3 cm est de l'ordre de 0.4 dB, l'isolation est supérieure à 50 dB, et ils peuvent généralement commuter (à froid de préférence) une dizaine de watts. On en trouve assez facilement dans les brocantes, mais les prix sont souvent très exagérés ... Je vous conseille de ne pas mettre plus de 200 à 300 F dans un relais de ce type.

Pour obtenir de meilleures performances, on se rabattra sur un commutateur en guide d'onde. Bien entendu celui ci devra être au standard WR90. Ces commutateurs sont fréquemment des transferts, c'est à dire présentant 4 ports.



Les pertes d'insertion seront alors quasi nulles, l'isolation très élevée, et la puissance commutable presque illimitée. Certains commutateurs sont manuels, d'autres étant pouvant être commandés par une tension continue (12 ou 24 V). Le montage mécanique est beaucoup plus contraignant et le résultat final plus encombrant qu'avec un relais standard, mais c'est la contrepartie d'un système performant. Le temps de commutation est beaucoup plus long, et il sera fondamental de temporiser le passage en émission, surtout si vous employez une puissance importante. Vous n'oublierez pas, comme sur tous les relais, de mettre un diode en parallèle sur la bobine.

On trouve parfois des commutateurs en guide dans les brocantes, mais c'est relativement rare. Paradoxalement, s'agissant d'un matériel moins pratique qu'un relais standard donc moins recherché, les prix sont souvent très raisonnables (100 à 200 F pour un commutateur "électrifié"). Certains distributeurs comme PROCOM vendent des commutateurs neufs, mais c'est plus cher !

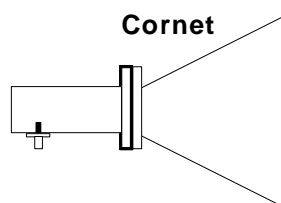
C) Antennes et supports

a) Antennes et sources

1) Antennes

Il existe de nombreuses manières pour rayonner un signal hyperfréquence. Les accrocs des aériens se référeront aux ouvrages déjà cités pour alimenter leur curiosité. Je ne mentionnerai donc que les plus standards, à savoir les cornets et les paraboles.

Le cornet est le moyen le plus simple et le plus rapide pour tenter un premier contact sur 3 cm. Un cornet est un élément pyramidal creux, se raccordant sur un segment de guide. Il aura d'autant plus de gain que son ouverture sera importante. Des logiciels simples peuvent donner, pour une section et une longueur déterminée, le gain et l'angle d'ouverture d'un cornet (voir DUBUS 02/95, HORNCALC par DG2GTS).



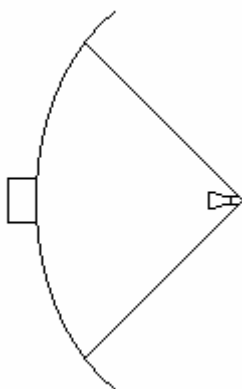
On peut prévoir d'utiliser un cornet comme antenne principale, mais pour obtenir un gain raisonnable, l'ouverture devra être importante. L'encombrement et les contraintes techniques sont alors assez comparables à la mise en oeuvre d'une parabole. L'avantage principal d'un cornet est la facilité de construction, puisque 4 tôles de laiton bien calculées suffisent.

On utilise en réalité principalement les cornets pour illuminer des paraboles. La longueur et l'ouverture du cornet seront alors calculées pour obtenir une illumination la plus uniforme possible du réflecteur.

La majorité des systèmes 3 cm repose en fait sur des réflecteurs paraboliques. Il existe couramment 2 types de réflecteurs : le **prime focus**, et l'**offset**. Ces 2 réflecteurs sont en réalité des "tranches" de paraboloides de révolution. La parabole dite prime focus présente un axe de symétrie sur lequel se trouve le foyer (abusivement "le fond" du paraboloides), alors que la parabole dite offset est une "partie excentrée" du paraboloides de révolution, intersection entre ce paraboloides et un cylindre (d'axe parallèle mais non confondu à l'axe du paraboloides). Une parabole offset est ainsi légèrement plus "haute" que "large", d'où sa fréquente dénomination d'oreille de lapin ! Rien n'empêche toutefois de réaliser une antenne offset plus large que haute (c'est le cas sur certains radars), mais ce n'est pas courant pour un système amateur (il ne s'agit plus alors d'un cylindre). La forme du réflecteur ne joue que sur le diagramme de rayonnement de l'aérien.

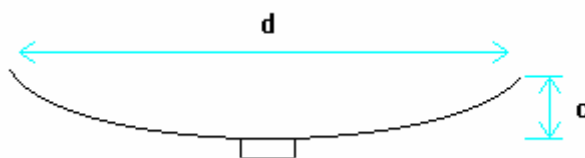
On décrit une parabole par 2 critères qui peuvent être le **diamètre** et le rapport **f/d** (distance focale/diamètre). Ce dernier critère caractérise la "profondeur" de la parabole, qui peut être plus ou moins "creuse".

- La parabole prime focus :



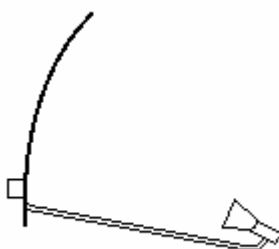
Cette parabole est d'un abord très simple. Son diamètre est obtenu par simple mesure, et le rapport f/d par mesure du "creux" de la parabole (voir schéma). On obtient ainsi la position du foyer, où devra se situer la source d'illumination. En fonctionnement "normal" (onde de sol), il suffira de positionner la parabole verticalement, l'axe de rayonnement étant confondu avec l'axe de symétrie de la parabole.

On trouve assez facilement des paraboles prime focus dans les brocantes amateur. Avec l'essor de la TV satellite et la prolifération des paraboles offset, les prix ont chuté. On trouve des réflecteurs entre 60 cm et 1 m pour 200 ou 300 F (ne pas payer plus !). Je conseillerai ce type d'antenne aux débutants, qui risquent de se tirer les cheveux longtemps avec une parabole offset et une monture inadaptée.



$f=d^2/16c$ où f =distance focale, d =diamètre, c =creux

- La parabole offset :



Cette parabole répond à une géométrie plus compliquée que la prime focus. Si vous n'avez que le réflecteur (sans le bras de déport supportant la source), la position du foyer sera délicate à trouver. De la même manière, l'angle d'offset (grossièrement l'angle à donner au plan du réflecteur pour qu'elle "tire" à l'horizon) est difficile à trouver. Ces 2 données fondamentales peuvent être trouvées par tâtonnement ou par calcul. Dans les 2 cas, c'est long et douloureux. C'est pourquoi, il est assez fondamental de disposer, soit de la documentation du constructeur, soit du bras de déport original qui vous donnera une position, même relativement approximative, du foyer de la parabole.

Pourtant, je conseille l'utilisation d'une antenne offset pour 2 raisons.

La première est le coût, aujourd'hui très modique, de réflecteurs utilisés pour la réception de la TV satellite. On en trouve de tous les diamètres (entre 40 cm et 1.2 m), qui sont très légères, et qui ne demandent que des modifications mineures (positionnement et fixation de la source) pour être adaptées au 10368 MHz. Elles disposent toujours d'une fixation arrière très simple (les paraboles prime focus sont souvent "nues"), et ont un

réglage permettant d'obtenir l'angle de départ souhaité. **Attention** toutefois, certaines paraboles ne permettent pas de "descendre" jusqu'à l'horizon, et une modification sera nécessaire.

La deuxième tient à la nature même de la géométrie de la parabole offset. Le foyer n'étant pas dans "le champ de vision" du réflecteur, la parabole offset ne disposant pas de "fond" (surface non utile dans un parabole prime focus), et enfin étant plus facile à éclairer, le rendement d'une parabole offset est supérieur à celui d'une parabole prime focus (60% contre 50% environ). On pourra également placer le tranverter (même dans une grosse boîte), au plus près de la source, celui ci ne perturbera pas le rayonnement de l'aérien. La longueur utile de guide d'onde pourra ainsi être réduite au minimum.

On trouve très facilement des paraboles offset de 60 ou 85 cm chez tous les revendeurs de TV satellite. Vous ne devrez les payer qu'un prix symbolique (100 à 150 F me paraissent raisonnables), étant entendu que des ensembles complets (parabole, source et démodulateur) se vendent aujourd'hui aux alentours de 600 à 700 F (pour les modèles de base) dans les hypermarchés. Autant vous dire que la valeur d'une parabole offset d'occasion, dans une brocante amateur, s'approche à grands pas de 0 F ! N'en déplaise à ceux qui essayent de vous dire que ça vaut beaucoup plus, sous prétexte qu'ils l'ont achetée 1000 F il y a 5 ans ...

Enfin, et le créneau est porteur en ce moment, les revendeurs TV disposent souvent de vieux stocks de paraboles prime focus datant de l'époque des premiers satellites TV en bande X. Ils estiment (à juste titre), que ce n'est plus vraiment adapté aux besoins actuels, et acceptent de s'en séparer pour un prix intéressant ... Il faut juste pleurer un peu (expérimentation, radioamateur désargenté etc ...) !

Pour terminer ce chapitre "antennes" (je vous conseille le n° **spécial antennes** de HYPER pour aller beaucoup plus loin), il faut mentionner l'existence de paraboles équipées d'un sub-réflecteur. Elles peuvent être prime focus ou offset, et disposent d'un réflecteur secondaire hyperbolique ("creux" d'un hyperboloïde) placé un peu "en avant" ou "en arrière" du foyer (il est alors respectivement convexe et concave), et reconcentrant l'énergie vers le centre de la parabole.



Parabole avec sub réflecteur

L'avantage principal consiste à ramener le faisceau en un point où il sera plus facile de le capturer (avec la longueur minimum de guide). La pureté du lobe (faibles lobes secondaires) est bonne et le rendement de l'aérien est excellent. L'inconvénient majeur réside dans la complexité mécanique de la réalisation du sub-réflecteur (il faut une fraiseuse numérique), dans le masque créé par ce réflecteur supplémentaire (pour une parabole prime focus), et dans l'encombrement global de l'aérien. Sur certaines petites paraboles offset, utilisées pour la TV satellite, des constructeurs ont opté pour ce principe, dit Grégorien ou Cassegrain suivant la position du sub-réflecteur. A mon sens, il s'agit plus d'un critère commercial (le vocabulaire est attrayant, et ça permet de se démarquer des autres constructeurs) que d'une réelle volonté d'efficacité. Vous pourrez tout de même vous laisser tenter si vous parvenez à récupérer une antenne de ce type, dont le principe est toutefois plus adapté aux paraboles professionnelles de grand diamètre (plusieurs mètres, lorsque le foyer est très éloigné du fond de la parabole et que la surface du sub-réflecteur est une fraction négligeable de celle du réflecteur principal).

2) Sources

La source, c'est le système qui va éclairer la parabole, et transférer le signal du guide d'onde au réflecteur (et réciproquement). La performance globale du système dépendra en grande partie du soin apporté à l'illumination de la parabole.

Le principe général est d'avoir une source disposant d'un lobe (à -10 dB) permettant, vu depuis le point focal, de couvrir la totalité de la parabole. Un "sous éclairage" (source trop directive) induira l'illumination d'une seule partie du réflecteur, et diminuera le gain du système. Un "sur éclairage" (source trop large) induira la perte d'une partie de l'énergie, et diminuera également le gain du système.

Globalement, pour une parabole donnée, il n'existe qu'une bonne source, placée au bon endroit, permettant d'obtenir le gain théorique de l'aérien, diminué du rendement évoqué plus haut (entre 0.5 et 0.65 environ).

La source parfaite n'étant que théorique, on se rabattra sur des solutions plus réalistes. Il existe principalement 2 types de sources : les cornets ou assimilés, et les "penny feed" ...

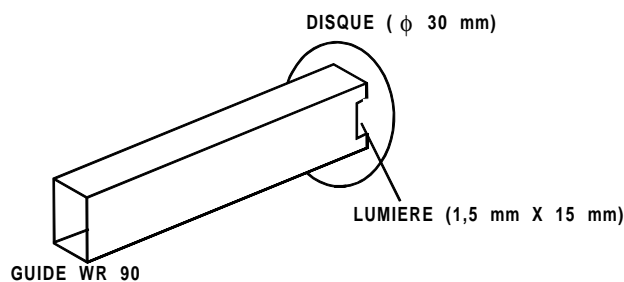
- Les cornets pourront être des éléments creux à ouverture carrée ou rectangulaire, à flancs droits ou courbes. Sur l'un de mes deux systèmes 10 GHz, j'utilise un cornet à flancs hyperboliques RTC (d'instrument de mesure de récupération militaire), recoupé à la bonne longueur (9 cm, pour une parabole offset de 60cm). En théorie, le lobe d'un cornet à ouverture rectangulaire n'éclaire pas parfaitement un réflecteur, celui ci s'assimilant à un disque (et non à un rectangle), vu depuis la source. En pratique, on s'en accommode fort bien. Pour faire mieux, on peut s'inspirer de la méthode TV satellite, et construire un cornet à ouverture circulaire. Bien entendu, c'est plus adapté, mais cela pose le problème de la transition entre la source (cylindrique) et le guide d'onde (rectangulaire). Avec beaucoup de patience et d'habileté, on peut faire cette transition en écrasant soigneusement un tube de laiton, mais il s'agit d'un travail mécanique très fin. De plus, pour des raisons complexes inhérentes au mode de propagation d'une onde dans un guide, la modification de la section tend à transformer la polarisation de cette onde! Donc à consommer avec modération. On notera d'ailleurs que rien n'empêche de réaliser une transition guide d'onde / câble coaxial en tube de laiton, et s'affranchir ainsi du problème précédent. On se souviendra tout de même qu'il s'agit d'une source très simple à réaliser, puisqu'un tube standard de 20x22 mm illumine très bien une parabole ayant un F/D de 0.45 environ.

Les plus curieux auront noté que certaines sources disposent d'un ou plusieurs anneaux concentriques dans leurs plans d'ouverture. Cet artifice permet de réduire le "spill over" de la source, c'est à dire la dispersion inutile de l'énergie. Les flancs du lobe de rayonnement de la source sont alors plus abrupts, et la fraction d'énergie rayonnée "à côté" de la parabole réduite notablement. Les bords du réflecteur sont ainsi mieux éclairés, et on gagne quelques bons dixièmes de dB sur le gain total de l'aérien. Cela réduit également la température de l'antenne (au sens radioélectrique), puisque la source ne voit en majorité que le réflecteur, donc ce qu'il vise... Ce n'est pas très utile en "onde de sol", mais fortement recommandé en EME. En conclusion, c'est mieux, mais pas fondamental !

Le cornet devra être positionné pour que son centre de phase soit au foyer de la parabole. Pour les cornets très "fermés", c'est à dire présentant une faible section à l'ouverture (comme le tube de 20x22 par exemple), le centre de phase est pratiquement situé dans le plan d'ouverture. Pour les cornets plus ouverts, la détermination du centre de phase n'est pas simple, mais il est situé à l'intérieur du cornet. Je vous conseille donc de prévoir un réglage de la position de la source, et d'effectuer un maximum sur un signal connu (balise par exemple).

Enfin, si votre source est un cornet ou assimilé, elle vous ramènera un signal guidé à proximité du foyer, et non derrière la parabole (où se situe en général le transverter, sauf si celui ci est placé sur le bras de déport d'une parabole offset). C'est le problème principal d'une source basée sur un cornet. Vous pouvez alors, soit mettre une transition guide/coax. au plus près de la source (mais la longueur de câble pour rejoindre le transverter sera prohibitive), soit ramener le signal dans du guide d'onde par un col de cygne ou du guide souple. C'est mécaniquement assez compliqué, et votre stock accumulé de diverses bricoles en guide sera bien utile ...

- Pour s'affranchir du problème précédent, on peut éclairer une parabole en utilisant la méthode dite du "penny feed" (il doit exister une expression en Français, mais je ne la connais pas !). Cette méthode ne s'applique que pour une parabole prime focus, mais présente l'avantage de ramener le signal derrière la parabole, et d'être très facile à construire. Le principe de cette source est d'utiliser un bout de guide d'onde, placé dans l'axe de la parabole, fermé à son extrémité par un disque, laissant "échapper" le signal par 2 lumières rectangulaires positionnées au foyer .



Source "penny feed"

Cette source illumine le réflecteur de façon moins uniforme qu'un cornet, et doit être utilisée pour des paraboles creuses (f/d inférieur ou de l'ordre de 0.4). Un des systèmes les plus classiques, décrit dans le 5ème tome de l'excellent - mais un peu dépassé - MANUEL VHF-UHF (traduits en Français des UHF UNTERLAGE de DJ9HO), consiste à éclairer par une source "penny feed" un réflecteur de 40 cm (f/d de 0.25) de diamètre acheté chez IKEA (à l'origine un éclairage de type plafonnier). Même s'il s'agit d'un système peu performant au final, je conseille cette solution aux débutants, qui pourront ainsi être QRV rapidement pour une somme modique (environ 100 F). A noter enfin que la fameuse parabole prime focus de 48 cm vendue par PROCOM utilise un système d'illumination basé sur le principe "penny feed". Le réflecteur situé en extrémité du guide est toutefois un peu différent, plus performant, et peut s'acheter seul (ref PRO-10-003 environ 50F). La forme de ce réflecteur dépend du f/d de la parabole. Plus elle est creuse, plus il est plat !

b) Supports d'antenne

Paradoxalement, un des problèmes majeurs du 10 GHz est un problème mécanique. En effet, si performant soit-il, votre système global ne vaudra rien si le principe de positionnement de l'antenne est négligé. Or, il est **très difficile** d'obtenir toutes les qualités requises pour un bon support d'antenne aux fréquences très élevées.

Jusqu'à 1 à 2 GHz environ, pour des dimensions d'aériens raisonnables (au sens amateur du terme), les antennes ayant un gain acceptable ont un lobe principal de rayonnement relativement "large", de l'ordre de 20 à 30 degrés à -3dB. Les structures mécaniques qui feront tourner ces antennes pourront donc être précises à quelques degrés près, et ne pas être d'une rigidité absolue. A titre d'exemple, en utilisant une 23 éléments TONNA à 1296 MHz (18 dBi, 2x10 degrés à -3dB), vous pourrez vous contenter d'une pylône standard et d'un rotor ayant un peu vieilli ! Vous ne raterez jamais un correspondant.

A 10 GHz, même une parabole de faible diamètre (moins de 50 cm) présente un gain important, donc un lobe principal de rayonnement très pincé. Si vous ignorez les caractéristiques de votre parabole, vous pourrez calculer le gain et l'angle d'ouverture (théoriques) par les formules suivantes :

- **Gain (isotropique) :** $g \text{ (dB)} = 10 \log [\rho (\pi \cdot d / \lambda)^2]$
 - **Angle d'ouverture (à -3dB) :** $\Phi \text{ (deg.)} = 70 \cdot d / \lambda$
- où d =diamètre et λ =longueur d'onde, d et λ dans la même unité
 et ρ = rendement, $0 < \rho < 1$, usuellement $\rho = 0.5$ (0.6 pour une offset)

Pour une parabole de 60 cm, on obtient donc environ un gain de 33 dBi et un angle d'ouverture de 4 degrés ! Si on considère qu'un support d'aérien n'est viable qu'à la condition que sa précision mécanique soit supérieure à 1/5 de l'angle d'ouverture (les professionnels parlent souvent de 1/10, voire plus !), votre support devra donc avoir une précision de l'ordre du degré ...

1) Station fixe

Dans le cadre d'un équipement "à la maison", vous utiliserez généralement votre pylône principal. C'est intéressant à plus d'un titre : il est déjà en place, il est relativement haut (c'est important, même en hyper), et surtout il supporte les antennes des autres bandes qui seront bien utiles pour dégrossir le pointage et avoir une "voie de service" (voir plus loin). Malheureusement, ce pylône ne sera peut être pas parfaitement vertical, et le rotor aura sans doute un peu de jeu.

La première et **impérative** vérification consistera donc à s'assurer de la verticalité du pylône et de la précision (pointage **et** recopie) du système de rotation. Un niveau à bulle sera suffisant pour la verticalité (vérifiez dans 2 plans perpendiculaires). Quant à la précision de pointage et de recopie, elle pourra seulement être appréciée par essai mécanique, ce qui donne des résultats assez subjectifs. A vous de vous débrouiller !

Ensuite, vous devrez vous assurer que le pylône pourra supporter la prise au vent supplémentaire induite par la parabole. A titre indicatif, un parabole de 60 cm de diamètre présente une surface de prise au vent de 0.3 m², ce qui n'est pas à négliger. Si vous n'êtes pas certain de la résistance de votre installation, vous pourrez opter pour une solution amovible.

J'ai personnellement choisi ce système (bras de déport en "U" inversé pris sur le tube de sortie de cage). Il présente plusieurs avantages. Dans un premier temps, il permet de s'affranchir des sueurs froides en cas de tempête, et ce n'est pas négligeable ! Lors des premiers frémissements de tropo, il vous suffit de grimper dans le pylône et d'installer la parabole. Comme les périodes de propagation coïncident toujours avec des temps anticycloniques beaux et calmes, vous ne craignez rien. Ensuite, et c'est également non négligeable, la fiabilité mécanique de votre système (parabole)+(transverter)+(tout ce qui va autour) pourra être moindre, étant donné que votre système passera le plus clair de son temps au chaud sous vos pieds. Il pourra en particulier supporter une étanchéité imparfaite, ce qui est impensable dans le cas d'un système résident. Enfin, vous pouvez imaginer un système modulaire, dissociant la parabole du transverter, et changer de bande à loisir. C'est ainsi que sur la même parabole offset, je peux mettre soit le 5.7 GHz, soit le 10 GHz (les transverters sont sur le bras de déport)! Il ne me faut ainsi que 10 minutes pour fixer un système complet parabole et transverter, et 5 minutes pour changer de bande. Ceci implique évidemment que les principes d'alimentation, de commutation, et de niveau HF à l'entrée soient identiques, mais il ne tient qu'à vous de rendre vos systèmes compatibles.

Bien entendu, tout principe a son revers. Ce système vous oblige à de fréquents aller/retour en haut du pylône, souvent de nuit, souvent dans le froid ! Ce n'est jamais très agréable, même en tenant compte de nos origines simiesques ... De plus, vous ne positionnez votre parabole jamais strictement au même endroit, et aurez donc une incertitude sur l'azimut. Cette incertitude sera toutefois levée après quelques QSO, et vous repérez rapidement la correction à apporter entre le calcul de l'azimut et la valeur de recopie lue sur votre pupitre.

2) Station portable

En réalité, parce qu'il n'est jamais très simple d'être équipé en fixe, et surtout parce que tout le monde ne dispose pas du dégagement exceptionnel requis pour obtenir des résultats conséquents sur 10 GHz, le trafic s'effectue principalement en portable.

Or, il est rare de se déplacer avec 10 m de pylône vidéo ... Il va donc falloir adapter l'équipement aux contraintes du portable. Et ce n'est malheureusement pas évident.

Bien entendu, la précision mécanique nécessaire est la même que pour une station fixe. Le problème vient des contraintes intrinsèques du portable. Le support devra ainsi être :

- Léger
- Très stable
- Rigide
- Réglable en hauteur

Il devra, en plus, permettre la rotation **sans jeu** du système complet autour d'un axe vertical, le blocage une fois la direction du correspondant trouvée, et la recopie précise de l'azimut ... Bref, autant ne pas se le cacher, il est très difficile de réunir simultanément tous ces critères !

Il n'existe aucune solution parfaite, et chacun fait avec (et en modifiant) ce qu'il trouve. En particulier, même en y mettant le prix, vous ne trouverez rien de "tout fait".

Le support le plus adapté est sans aucun doute celui qui a plus ou moins été conçu à l'origine pour ce type d'application. Je pense plus spécialement aux trépieds militaires qui réunissent la majeure partie des critères précédents, et permettent, pour certains d'entre eux, un réglage complémentaire en site. C'est très utile si votre système est basé sur une antenne offset. Je vous conseille vivement cette solution, qui nécessitera tout de même un peu de travail mécanique. On peut encore trouver ce type de trépied dans des surplus militaires, mais la denrée est rare, et les radioamateurs ne sont pas les seuls à s'intéresser à ce genre de monture ! N'hésitez pas à dépenser 500 F (voire plus) pour un support de cette qualité.

Pour ma part, n'ayant jamais réussi à trouver un trépied de ce type, je me suis rabattu sur une solution plus en rapport avec les récupérations professionnelles que j'ai eu l'occasion de faire. Je dispose ainsi de 2 trépieds de chantier, supports à l'origine de niveaux ou théodolites. Ils présentent l'avantage d'être légers, solides et réglables, mais ils sont "nus", c'est à dire dépourvus de tout système de rotation. Sur l'un des deux, j'ai adapté un roulement avant de Renault 5 (récupéré chez un casseur), sur lequel j'ai pris un tube en aluminium de $\Phi 45$ mm qui supporte l'antenne d'un côté, et un petit plateau où sont posés l'alimentation, l'IC202 et le keyer de

l'autre. Le blocage en azimut est effectué par une vis de $\Phi 4$ mm plongeant perpendiculairement au support du roulement. La recopie est faite par un index taillé en biseau, pointant un disque gradué tous les degrés. Le résultat paraît artisanal, mais ça fonctionne, et ça ne coûte pratiquement rien !

En tout état de cause, vous devrez faire preuve d'imagination pour obtenir le résultat escompté. Toute solution médiocre vous donnera des résultats décevants, et plus d'un DX vous échappera si la monture est imparfaite. Je vous mets particulièrement en garde contre les tentatives basées sur des pieds "photo", surtout si ceux ci sont bon marché.

II) PRATIQUE

Vous y êtes enfin ! Vous avez une belle antenne bien éclairée sur une monture irréprochable, une puissance raisonnable, et un facteur de bruit acceptable ... Il ne reste plus à faire que le premier QSO !

Bien entendu, rien ne vous empêche de lancer un tonitruant "CQ 3 cm" depuis le fin fond de la Lozère à 3 heures du matin. Je ne suis toutefois pas sûr que vous disposiez d'un pile up fourni en retour ...

A) *Trouver un correspondant*

Votre premier "correspondant" pourra être ... le soleil ! Pas très causant, certes, mais bien utile. Vous pourrez tester la performance de votre équipement en réception (on trouve quelques dB d'excès de bruit avec un parabole de 80 cm et une réception raisonnable), et peaufiner votre pointage et sa recopie. Bien entendu, pour le pointage, il est utile d'avoir un réglage en site, à moins de se concentrer sur les levers et couchers de soleil ! On notera également que le sol est très bruyant à 10 GHz, et qu'il peut constituer une excellente source de référence, plus stable que le soleil sous certaines conditions.

Pour trouver un correspondant plus causant, il faut savoir qui et quand chercher. En d'autres termes, si l'on peut compter sur plusieurs centaines de stations Françaises équipées sur 2m SSB, vous n'en trouverez guère qu'une trentaine active sur 10 GHz, dont moins de 5 en fixe (statistiques approximatives hiver 96) ! La proportion est assez identique dans les autres pays ... Trouver un correspondant "par hasard" relève donc du miracle.

1) *Qui est actif ?*

Bizarrement, compte tenu de la faible portée générale du 10 GHz, la réponse à cette question dépend de votre situation géographique. Si vous êtes Corse ou Breton, votre périmètre d'action ne sera pas le même. Il faut donc répartir l'activité par zone.

Grossièrement, il existe aujourd'hui 3 pôles d'activité hyper en France : L'ouest, la région parisienne (y compris 60, 45), et un large sud est. L'est et le sud ouest sont des hyper déserts ! Vous aurez donc d'autant plus de facilité à trouver des correspondants que vous habitez l'une des régions où l'activité est importante.

Toutefois (heureusement pour nous) nos voisins sont actifs sur 3 cm, parfois de façon très marquée. Je pense notamment aux Anglais, chez qui le 10 GHz est une quasi religion depuis des années ! On peut ainsi compter facilement sur un bonne cinquantaine d'Anglais (dont une majeure partie est équipée en fixe avec plus de 10 W), une vingtaine de Hollandais (dont l'excellent PA0EZ qui parle un Français très correct), une cinquantaine d'Allemands et une dizaine d'Italiens. Il y a également quelques Belges et une poignée de Suisses, dont l'incontournable HB9AMH qui est une référence en la matière.

Globalement, l'activité est en nette progression depuis l'arrivée des systèmes bande étroite de G3WDG et DB6NT. Trouver un correspondant est devenu assez aisé, mais il est tout de même utile de connaître un peu la liste des OM actifs (voir DUBUS 02/96, Microwave News Letter et HYPER).

2) *Quand trouver des correspondants ?*

Il est assez illusoire de croire que vous trouverez toujours quelqu'un pour faire un essai 10 GHz. Vos chances seront d'autant plus importantes que vous viserez les périodes où les autres sont actifs !

On peut classer en 3 catégories les périodes d'activité :

- Les jours de concours

Certains concours, nationaux ou internationaux, sont ouverts aux hyperfréquences. Tous ne sont pas aussi prisés (ex : le national THF ne déclenche pas les passions sur 10 GHz !), mais lors des événements majeurs, on trouve de nombreux correspondants. Les 3 concours majeurs sont, par ordre chronologique d'apparition: Le championnat de France THF (premier week end de juin), le trophée F8TD (3ème dimanche d'août) et l'IARU UHF (premier week end d'octobre). On trouve toutefois des stations (souvent fixes) QRV pendant les autres concours.

- Les journées d'activité

Ces journées ne sont dédiées qu'aux hyperfréquences. Le principe de ces journées est de regrouper l'activité sur une courte période, et de stimuler le portable. Les pays anglo saxons ont adopté ce principe depuis longtemps, les Anglais étant incontestablement les maîtres de la chose. Côté G, il s'agit d'un concours annuel basé sur le cumul des points recueillis à chaque journée d'activité (d'où la dénomination de "cumulative"). Il y a une journée par mois du printemps à l'automne, chaque dernier dimanche, de 9h à 21h TU. Si vous n'êtes pas trop loin de la côte de la Manche, une petite virée sur les falaises peut vous rapporter une vingtaine de QSO !

Côté Français, à l'initiative de FIGHB lors de l'édition 1996 de Seigy, un principe similaire a été mis en place. Il ne s'agit pas d'un concours supplémentaire, mais un classement "honorifique" est établi à chaque journée, et un cumul est effectué en fin de saison. En 1996, 4 journées ont été organisées (de juin à septembre), et la participation a été au delà des espérances les plus optimistes. Pour 1997, FIGHB va proposer des modifications (nombre de journées, horaires, principe de calcul des points ...), et on peut s'attendre à une participation encore plus importante. Le règlement et les résultats figurent dans HYPER (voir plus loin). Je vous conseille de débiter sur 10 GHz lors de l'une de ces journées. Vous trouverez des correspondants, des conseils et de l'aide, et ne serez (éventuellement) pas déroutés par l'emploi obligatoire d'un anglais "orienté hyper" que nos voisins d'outre Manche affectionnent particulièrement.

- Les jours de propagation

Incontestablement, c'est le must ! Pour ceux qui connaissent le monde du 1296 MHz, c'est la même émotion, mais à la puissance 10 ... Les signaux peuvent être parfois si forts qu'une rotation de 180° de la parabole ne parvient pas à les éliminer. Et ceci à des distances où vous n'entendez usuellement rien !

Les jours de propagation troposphérique en hyperfréquences correspondent presque inmanquablement aux périodes anticycloniques très calmes (comme sur les bandes inférieures d'ailleurs). Vous veillerez particulièrement les jours où votre situation géographique vous place "sur le bord" de l'anticyclone. Toutefois, à l'image du 23 cm, il se peut que les conditions soient "légèrement au dessus de la moyenne" sur 144 MHz, mais particulièrement bonnes sur 10 GHz. Ecouter le 2 m n'est donc pas suffisant, vous pourriez passer à côté de l'événement.

Le nombre relativement réduit de balises sur 3 cm, particulièrement en France, ne permet pas d'avoir une vue correcte de l'état de la propagation. Par contre, l'écoute des balises 23 cm donne, de toute évidence, un très bon indicateur. Si les signaux sont très forts au dessus de 1 GHz dans un certain périmètre, vous pouvez décemment envisager des contacts sur 3 cm dans ce même périmètre. Dès lors, il n'y a plus guère de limite, si ce n'est celles fixées par le niveau du pouvoir de réfraction de l'atmosphère à cette période. Les contacts à plus de 1000 km sont toutefois une denrée excessivement rare (le record Européen actuel est d'ailleurs détenu par F6DKW avec 1215 km), mais il est relativement fréquent d'établir des liaisons dans une frange comprise entre 500 et 800 km, particulièrement lors des propagations troposphériques d'automne. Ce type de propagation réserve des surprises assez déroutantes. En fonction de votre position altimétrique, vous pourrez entendre tout autre chose que votre proche voisin ... J'ai ainsi eu l'occasion de faire des essais comparatifs avec F6DKW (13 km de mon QRA, antennes 100 m plus hautes que les miennes) sur les balises GB3MHX et ON4RUG. Nous n'entendions clairement pas la même balise au même moment, et la variation des signaux allait pratiquement en sens inverse ! De la même manière, j'ai eu la chance de contacter OK1OKL (785 km) avec un report entre S5 et S9, alors que F6DKW le soupçonnait à peine. Il a réalisé le QSO le lendemain, alors que OK1OKL avait disparu chez moi ...

Un phénomène d'onde guidée (dit de "**duct**"), assimilable en termes de résultat à la propagation troposphérique classique, permet de réaliser des contacts "au dessus de la mer" à des distances très impressionnantes. Ainsi, le record mondial appartient à VK6KZ et VK5NY (1991 km), entre les 2 pointes sud de l'Australie. Les Américains s'acharnent entre la Californie et Hawaii, et devraient parvenir à leur fin un de ces jours. En Europe, ces phénomènes de duct existent entre

Madère ou les Canaries et les côtes ouest du continent (Espagne, Bretagne, sud de l'Angleterre). G6LEU (IO70) a contacté EA8XS sur 1296 MHz (2620 km), et rien n'empêche d'envisager la même chose sur 10 GHz. Il reste seulement à trouver une station équipée de part et d'autre au bon moment, ce qui relève aujourd'hui du pur miracle !

Plus prosaïquement, il faut noter qu'un autre mode de propagation est assez courant en hyperfréquences : le "**rain scatter**". Il s'agit de réflexion et de diffusion sur de gros nuages de pluie. Ce type de propagation apparaît plus particulièrement en été, lors des périodes de forte activité orageuse. Des contacts sont envisageables dans une rayon de quelques centaines de km (guère plus de 400, à ma connaissance) avec des reports parfois impressionnants ! Contrairement à l'idée reçue, il n'est pas utile d'avoir une puissance colossale pour faire du rain scatter, il suffit souvent de trouver la zone de réflexion la plus appropriée. Par contre, il est fondamental de connaître la télégraphie. Le rain scatter produit en effet un étalement de spectre, très similaire à l'aurore. La phonie est réellement incompréhensible, même si le signal est 20 dB au dessus de 9 ! Enfin, les modes de propagation ionosphérique habituels (ES, MS et aurore) sont inutilisables à 10 GHz, du moins avec des moyens amateurs. Quant à elles, les réflexions lunaires ne sont envisageables qu'avec des moyens presque inaccessibles au commun des amateurs. En particulier, les problèmes mécaniques de pointage et de recopie sont énormes, puisqu'une parabole de 2 m minimum est nécessaire pour commencer à entendre quelque chose. La puissance devra se situer autour de 20 W (strict minimum également). Il n'y a que 2 stations équipées en France (F6CGJ et F6KSX), et une vingtaine dans le monde. Certaines ont pourtant 6 m de parabole et/ou plus de 300 W ! Si le coeur vous en dit ...

B) Etablir le contact

Une fois visé le jour où vous êtes sûr d'avoir des clients, il va vous falloir les trouver, et établir une tentative de contact. Ici également, les choses ne sont pas forcément très simples ...

1) Les voies de service

Comme il est parfois plus facile de trouver une aiguille dans une meule de foin qu'une station équipée 10 GHz dans le désert des bandes "basses", des gens bien intentionnés ont décrété que certaines fréquences seraient plus spécialement réservées aux stations désireuses de tentatives en hyper. Maastricht n'étant pas encore passé par là, chacun y est allé de sa propre initiative, et le résultat final est assez édifiant ... Les Anglais ont choisi **144.175 MHz**, les anglo saxons continentaux (DL/PA etc ...) **432.350 MHz**, et les Français **144.390 MHz** ! Pratique lorsque vous êtes à la croisée des chemins...

Ces fréquences sont à la fois des fréquences d'appel et des "voies de service" permettant de régler les paramètres préalables au passage sur 3 cm. Je vous conseille toutefois de ne pas les occuper trop longtemps, et de faire QSY sur une fréquence proche lorsque vous aurez "accroché" votre client. Cela permettra aux autres d'appeler ...

Cette notion de fréquence d'appel hyper n'a d'ailleurs plus grande valeur les jours de propagation. Les stations équipées 10 GHz lancent souvent appel directement sur 432.200 MHz ou 1296.200 MHz, et la voie de service est la fréquence de QSY choisie sur la bande correspondante.

Les jours de propagation *extrême*, il arrive même d'appeler directement sur 10 GHz, mais il n'est pas courant de faire des miracles !

2) Le pointage

Une fois votre correspondant accroché sur une voie de service, il va falloir mettre en oeuvre la procédure d'établissement du QSO. La première chose à faire est d'avoir le locator de votre correspondant. A partir de ce locator, vous calculerez la distance (assez peu utile, mais elle vous donnera une idée des chances de réussite), et surtout l'azimut où vous devrez tourner votre antenne. Le calcul de l'azimut est particulièrement fondamental en portable, où vous n'aurez généralement que peu de repères.

Il est impensable de faire le calcul "à la main" (ne serait-ce que pour une question de temps !). Vous vous aiderez donc de la déesse informatique, soit en disposant d'un PC en temps réel, soit en ayant préalablement calculé, pour les stations dont vous connaissez le locator par avance, les azimuts correspondants. Cette deuxième solution est spécialement adaptée au portable, où il est rare de déplacer un PC. On peut toutefois disposer d'un PC portable (la solution riche), ou d'un petit calculateur de poche type CASIO (format agenda électronique, pour peu qu'il soit programmable). Dans ce dernier cas, vous serez tenus de faire votre propre

programme, à moins de disposer d'un modèle récent, compatible PC, et permettant le téléchargement d'un programme extérieur.

Concernant ce programme, je vous conseille d'utiliser des choses déjà réalisées. Il existe de nombreux logiciels donnant les informations de distances et d'azimut en fonction des locators. Vous pouvez par exemple utiliser le logiciel de concours EDITEST de F5MZN, ou la version dédiée uniquement à cette utilisation que j'ai écrite en 1988 (LOCATOR), à l'époque où il n'existait pas grand chose en la matière. On fait beaucoup mieux maintenant, notamment d'un point de vue graphique. Les plus acharnés se reporteront aux formules de calcul fournies dans les MICROWAVE HANDBOOK.

Les formules de calcul vous donnent **l'azimut vrai**, c'est à dire la direction orthodromique de votre correspondant (par le chemin le plus court). C'est la direction que vous devrez afficher sur votre pupitre de rotor, si celui ci est correctement calé. Dans le cas du portable, votre seule référence sera généralement le nord magnétique, qui diffère du nord géographique de quelques degrés (varie en fonction de l'année et de votre position géographique). Grossièrement, pour un point en France, l'erreur est de 4 degrés (en 1997). Rien de dramatique, mais si vous avez une boussole précise et une parabole de grand diamètre, il faudra tenir compte de la correction.

Enfin, et c'est peut être encore la solution la plus adaptée, vous pourrez demander gentiment à votre correspondant de calculer l'azimut à votre place. Je vous laisse le soin d'imaginer l'incertitude de pointage si aucun des correspondants n'est capable de calculer un azimut !

3) Les essais et le contact

Une fois le correspondant et son azimut trouvés, il va bien falloir commencer à transmettre. La règle veut que celui qui dispose de la PAR la plus importante transmette le premier. En réalité, il vaut mieux tenir compte du plus grand nombre de paramètres possibles, dont la précision de pointage. Une station fixe aura ainsi globalement moins de difficulté à pointer son aérien qu'une station portable. Une station ayant une forte puissance mais une lobe de rayonnement assez large aura également intérêt à commencer.

La fréquence de référence sur 3 cm est **10368.100 MHz**. Elle ne se propage pas mieux qu'une autre, mais il est disgracieux de proposer autre chose ! On ne s'en échappera que les jours où l'activité est débordante. Le seul avantage est à chercher dans la simplicité d'utiliser un IC202 en guise de FI. Vous êtes ainsi au milieu d'une gamme, et même si vous (ou votre correspondant) est "légèrement" décalé, vous pourrez le retrouver sans avoir à commuter de quartz. Ce décalage est d'ailleurs fréquent, à moins d'avoir un oscillateur local très performant (c'est à dire bien thermostaté ou asservi sur une référence stable). Il faut souvent chercher à +/- 20 kHz, voire largement plus. Les OL ont en effet une fâcheuse tendance à peu aimer les chocs et les variations thermiques, toutes choses fréquentes en portable ...

A moins d'être très proche (moins de 100 km), la station qui débutera la transmission émettra une porteuse, ou une série de traits ou de points rapides. C'est **fondamental** pour que la station qui reçoit puisse faire un maximum. La SSB permet difficilement la même chose. Il est donc impératif de disposer au moins d'un jack court-circuité pour transmettre une porteuse. Une clé ou un keyer électronique à mémoire sont encore mieux !

Une fois le signal reçu optimisé, la station réceptrice passera en émission suivant le même principe. Le niveau des signaux reçus de part et d'autre décidera alors du mode à employer pour réaliser le QSO. Vous verrez à l'expérience que beaucoup de contacts (et bien entendu les plus lointains donc les plus excitants !) ne sont réalisables qu'un CW. Il est donc **PRIMORDIAL** que vous connaissiez au moins un peu la télégraphie (un niveau bien inférieur à celui de la licence est suffisant). Votre correspondant vous pardonnera que vous lui fassiez répéter 100 fois le report si les signaux sont faibles, mais aura du mal à comprendre que vous ayez fait tout le chemin nécessaire pour mettre au point une station 10 GHz sans être capable de conclure un QSO pour une vulgaire histoire de CW ... Je ne vise personne en particulier, mais mes petits copains Français - dont certains font figure de référence en hyper, et qui étaient déjà équipés alors que j'étais encore en culotte courte - se reconnaîtront, et admettront (je l'espère) qu'ils pourraient peut être faire un petit effort !

Bien entendu, le QSO n'est pas toujours réalisable, même en CW. Il arrive fréquemment que la différence de puissance d'émission entre 2 stations ne permette qu'un contact unilatéral. Si vous n'avez qu'un transverter DB6NT tout nu (environ 10 mW), vous entendrez certainement mieux HB9AMH (15 W), PAOEZ (40 W) ou G4FUF (90 W !) qu'ils ne vous entendront ! Si vous sentez que le QSO est réalisable, mais qu'il manque seulement quelques dB, n'hésitez pas à retenter le coup 1 ou 2 heures après. Les conditions changent assez rapidement en hyper, notamment en fonction du temps (WX) et en début et fin de journée.

Pendant toute la phase d'essais, mais également pendant le QSO si les signaux sont faibles, il est important de garder une oreille sur la voie de service. Il n'est d'ailleurs pas exclu d'opérer en simili "cross band" 2 m / 3 cm pour indiquer au correspondant, en temps réel, ce que vous entendez, ou confirmer des informations reçues. A n'employer que dans les limites de l'honnêteté intellectuelle que vous vous serez fixée ...

C) Les longues soirées d'hiver ...

Comme il n'y a pas toujours quelque chose à bricoler ou quelqu'un à contacter en hyper, vous pourrez meubler vos longues soirées d'hiver en lisant ou en faisant des rapports sur votre activité, qu'elle soit derrière un micro ou derrière un fer à souder. Ceci est d'autant plus important que le monde des hypers est très petit, bien particulier et assez technique, et qu'il est ainsi difficilement envisageable que chacun vive en autarcie complète.

Outre la lecture de la littérature appropriée (voir la liste des ouvrages ci après), je vous conseille de vous abonner aux publications périodiques. Les coûts sont faibles, et elles sont le seul lien vivant entre les OM "hyper actifs". Les plus connues, au niveau Européen, sont DUBUS et la Microwave News Letter. Depuis l'été 1996, F1GHB a lancé **HYPER**, le "**bulletin des radioamateurs actifs en hyperfréquences**". Je ne saurais que vous encourager à souscrire à cette publication, qui s'adresse à un large public (habitués et débutants s'y côtoient), et traite aussi bien le côté technique que les informations pratiques et les résultats de trafic. C'est clairement le bon premier contact avec le monde Français des hypers !

Rien ne vous empêche plus dorénavant d'être QRV 3 cm avant l'été. Faites moi plaisir ... il ne me reste plus que 78 départements à contacter pour terminer mon DDFM !

Petit lexique hyper (français /anglais) :

Hyperfréquence : microwave
Guide d'onde : wave guide
Bride : flange
Parabole : dish (littéralement assiette !)
Support (trépied) : tripod
TOP : TWT (travelling wave tube)
Source : feed
Cornet : horn
Voie de service : talk back frequency
Azimut : bearing (true pour vrai, magnetic pour magnétique)
Points, traits, porteuse pure : Dots, dashes, plain carrier

Adresses utiles :

ELECTRONIQUE DIFFUSION (ex **BERIC** à PARIS)
43 rue Victor Hugo
92240 MALAKOFF
Tel : 01 46 57 68 33

GIGATECH (composants, Duroïd)
Karl Himmler (DB3UU)
Postfach 1160
6805 Heddesheim
Germany
Tel : 06203 44142
NB : Il dispose d'un CCP en France, c'est très utile pour le paiement.
Par contre il ne parle pas Français, et son Anglais est très approximatif

MICROWAVE COMMITTEE COMPONENTS SERVICE
(composants, kits G3WDG, circuits imprimés)
Petra and Charlie Suckling (G4KGC/G3WDG)
314 A Newton Road

Rushden, Northants NN10 0SY
England
Tel : 44 1933 411446

KUHNE Electronic (modules DB6NT montés, certains PCB DB6NT)
Michaël Kuhne (DB6NT)
Birkenweg 15
D-95119 Naila / Hölle
Germany
Tel : 09288 8232
Fax : 09288 1768

EISCH ELECTRONIC (kits DB6NT, PCB DB6NT, composants ...)
Inh. Annemarie Eisch-Kafka
Abt-Ulrich-Str. 16
89079 Ulm - Göggingen
Germany
Tel : 07305 23308
Fax : 07305 23306
NB : On peut payer par carte VISA, en donnant uniquement le numéro

PROCOM (antennes, guide, switch ...)
Europarc
121 Chemin des bassins
94035 Créteil cedex
Tel : 01 49 80 32 00
Fax : 01 49 80 12 54
NB : Contacter Vincent Leclerc F10IH

MICRO MECHANIK (boîtiers fraisés, filtres, guide ...)
Hubert Krause (DG1KBF)
Berghagen 60
D-53773 Hennef
Tel et Fax : 049 (0)2248 4895

Lectures utiles :

DUBUS (trafic et technique hyper, 4 n°s par an)
Abonnement : Patrick MAGNIN F6HYE
Marcorens
74140 BALLAISON

MICROWAVE HANDBOOK (3 volumes, surtout le 3ème)
à commander au RSGB
Cranborne Road
Potters Bar
Herts EN6 3JE
ENGLAND

MANUEL VHF-UHF (5 tomes, assez peu d'hyper, mais plein d'idées)
Traduit par :
Centre Culturel Scientifique Technique et Industriel
Square Jean Moulin
Bâtiment Jacques Brel
57100 THIONVILLE
Tel : 03 82 51 13 26

MICROWAVE ENGINEERS HANDBOOK (2 volumes, très théorique)
Artech House, Inc.
685 Canton Street
Norwood, MA 02062
USA

VHF UHF MANUEL (pour le chapitre Microvaves)
via RSGB, voir plus haut

UHF/MICROWAVE EXPERIMENTER'S MANUAL

via ARRL
Newington
CT 06111
USA
Disponible également chez GES

MICROVAWE NEWSLETTER (mensuelle, trafic et technique)
G3PHO et G8AGN
via RSGB

HYPHER (trafic et technique, en Français ...)
Via Eric MOUTET F1GHB
28 rue de Kerbabu
Servel
22300 LANNION

Remerciements à F1EHN, F1GHB et F6DKW pour l'aide ...