

5. Antenne 13EL LFA pour le 144MHz

Cela fait quelques années que G0KSC rédige régulièrement des articles sur ses antennes LFA (Loop Feed Array) pour la revue « DUBUS ». Ces antennes ont un bon rapport avant /arrière et des lobes parasites réduits. L'avantage d'avoir des lobes parasites réduit est que l'antenne est peu bruyante ; elle reçoit moins le bruit thermique rayonné par le sol, et si vous avez des sources de QRM local dans certaines directions, leur énergie est bien atténuée voir supprimée lorsque vous tournez l'antenne dans les directions « propres ».

G0KSC décrit ses designs d'antennes sur son site : <http://www.g0ksc.co.uk/>
Et il les commercialise à travers : <http://www.innovantennas.com/>

Alléché par la propreté des diagrammes de rayonnement de ces antennes, je décidai de transformer mes antennes 144MHz 15EL « DL6WU » en 13EL LFA « G0KSC ».
La 13EL LFA de G0KSC a la même longueur de boom que ma 15EL DJ9BV, donc un plus grand espacement entre les éléments. Par rapport au design de G0KSC, mes éléments ont un diamètre plus petit, et ils passent à travers le boom, en étant isolés par des tampons en nylon (comme les DJ9BV de l'époque).

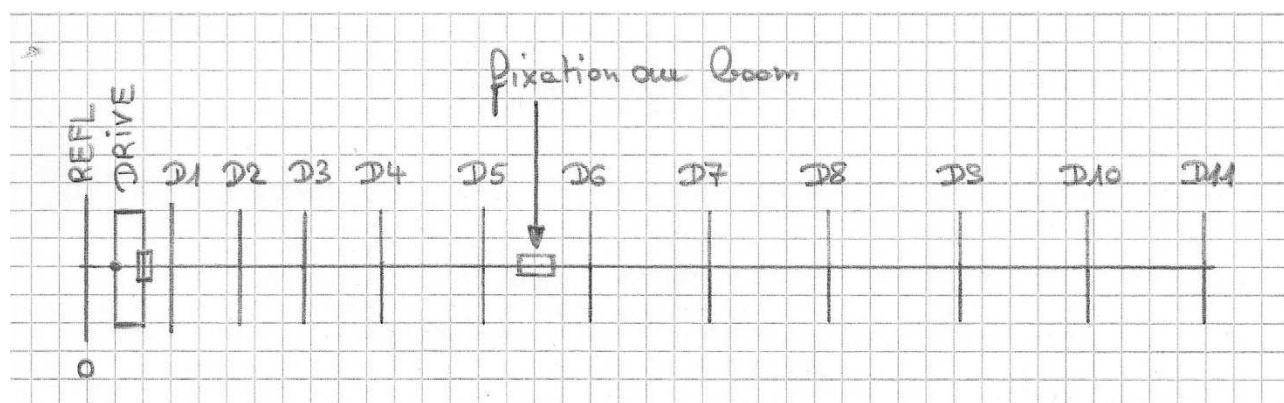


Fig. 1 : Plan de l'antenne 13EL LFA G0KSC, modifiée BLF

Élément	Largeur	Position	Diamètre
Réflecteur	1028mm	0 (REF)	4mm
Drive 1	904mm	229mm	8mm
Drive 2		397mm	
D1	974mm	596mm	4mm
D2	944mm	1071mm	
D3	930mm	1550mm	
D4	916mm	2126mm	
D5	908mm	2827mm	
D6	896mm	3611mm	
D7	884mm	4469mm	
D8	872mm	5362mm	
D9	856mm	6257mm	
D10	846mm	7205mm	
D11	848mm	8036mm	

Caractéristiques techniques

Fréquence : 144 – 145MHz
Gain : 15,7dBi

Angle d'ouverture à -3dB :

- En azimut : 32°
- En élévation : 34°

Rapport avant / arrière : 28dB

Réjection min. des lobes parasites :

- En azimut : 29dB
- En élévation : 20,5dB

Les diagrammes de rayonnement simulés avec EZNEC sont donnés à la page suivante

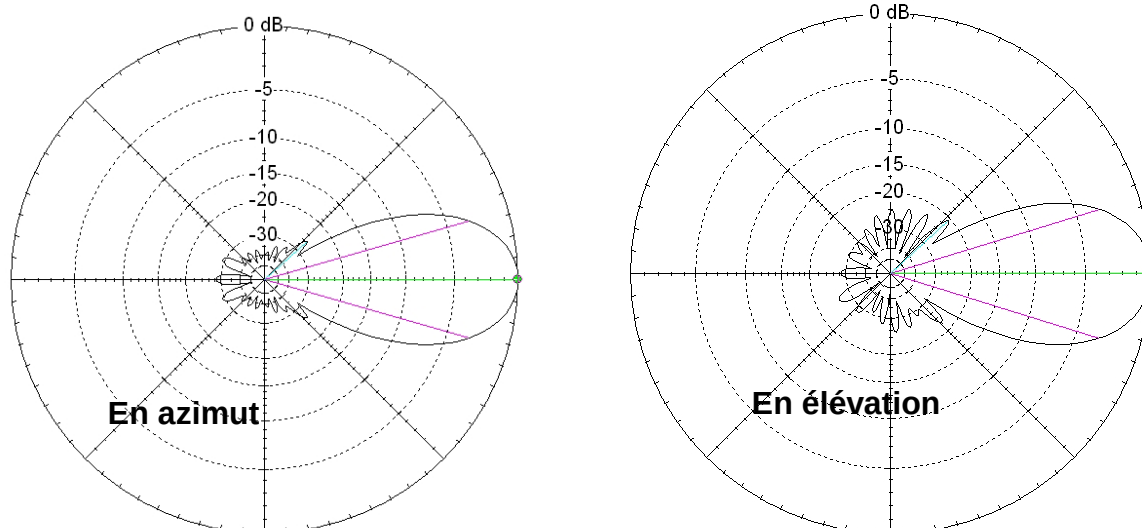


Fig. 2 : diagrammes de rayonnements de ma LFA 13EL selon EZNEC



Fig. 3 : Vue de la partie arrière de l'antenne

Construction

Le boom est un tube en alu carré de section 25mm x 25mm et de longueur totale 8m10 environ. Pour rendre l'antenne plus facilement transportable, le boom est tronçonné en 3 parties, manchonnées par des tubes de section 30mm x 30mm.

Les éléments réflecteurs et directeurs passent à travers le boom. Ils sont isolés par des chevilles à clou en nylon (voir la fig. 4 à la page suivante). Le boom est percé à un diamètre de 5,5mm, puis les chevilles nylon sont passées à travers les trous (après avoir été raccourcies au préalable). Ensuite les éléments de diamètre 4mm sont passés à travers ces isolateurs en tapotant avec un petit marteau.

Le diagramme de rayonnement dans le plan vertical (élévation) montre une légère asymétrie des lobes parasites.

C'est dû au placement du drive en boucle par rapport au boom (voir la photo ci-contre) : sa partie arrière est fixée au boom à 7mm au-dessus par une équerre, alors que sa partie avant rentre dans la boîte qui contient le circuit d'adaptation d'impédance ; la partie avant se retrouve alors 32mm en dessous du boom.

Cette asymétrie du placement du drive en boucle cause la légère asymétrie des lobes parasites arrière constatée.

On peut constater que les lobes parasites sont bien atténués (diagrammes très propres)

Pub

Headset pour l'aviation

Libérez vos oreilles !



PHONAK

life is on

FreeCom 3000



www.phonak-communications.com

Boom Microphone ultra léger, combiné avec un écouteur adapté à la forme de l'oreille (Moulé à partir d'une empreinte).

- Excellente qualité audio
- Microphone directionnel pour l'atténuation des bruits ambiants
- Confortable toute la journée
- Ne couvre pas la tête ; pas de pression désagréable, pas de transpiration



Fig. 4 : Passage des éléments à travers le boom

Drive et système d'alimentation

Le drive est réalisé en une seule pièce, avec un tube d'aluminium de diamètre 8mm, selon les dimensions de la fig. 5.

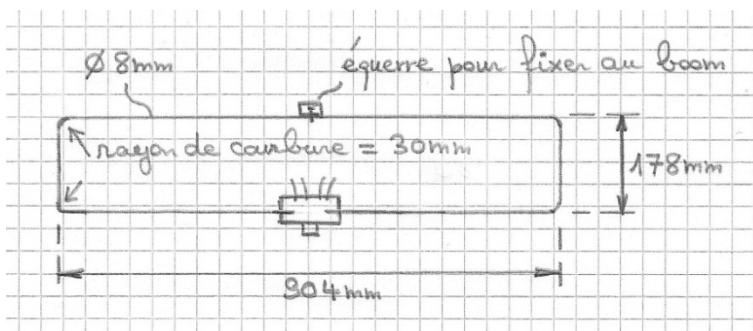


Fig. 5 : Dimensions du drive

La partie arrière du drive est fixée au-dessus du boom par une petite équerre alu.

Cela permet l'écoulement direct sur le boom des charges statiques collectées par le drive, ce qui réduit fortement le bruit créé par de la pluie ou du brouillard chargés d'électricité.

Comme les diamètres ne sont pas les mêmes que ceux du design de G0KSc et aussi que les segments principaux du drive sont positionnés de part et d'autre du boom, l'impédance de l'antenne n'est pas exactement 50Ω.

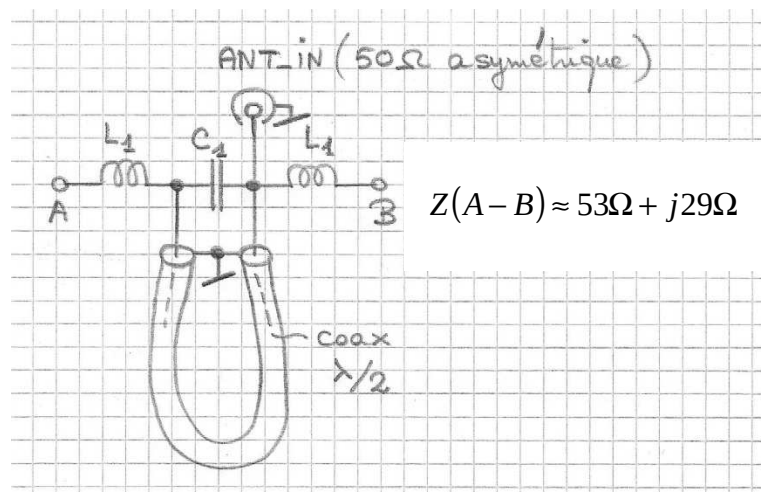


Fig. 6 : Schéma du circuit d'adaptation d'impédance

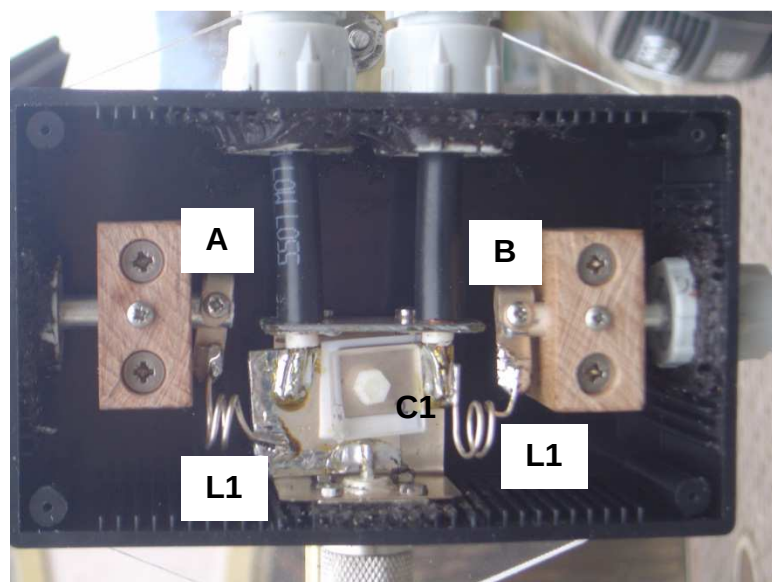


Fig. 7 : Vue du circuit d'adaptation d'impédance

Valeurs des éléments :

- C1 = 10pF : 2 plaques de PCB cuivrées et argentées. Surface du condensateur 16mm x 16mm (moins le trou de diamètre 5mm pour la vis de serrage en nylon). Isolant = 2 feuilles en téflon d'épaisseur 0,22mm (ép. 0,44mm). Capacité par unité de surface $\Delta C / \Delta S = 0,041 \text{ pF} / \text{mm}^2$. Voir à la [fig. 8](#).
- L1 = 52nH : 2 spires de fil argenté de longueur totale 10cm, bobinées sur une mèche de diamètre 7mm. On peut ajuster le SWR en comprimant / décompressant les spires
- Coax $\lambda/2$: Ecoflex10, longueur $L = \frac{v}{c} * \frac{\lambda}{2} = 0,885\text{m}$ ($v/c = 0,85$ est le coefficient de vitesse du câble Ecoflex10). Si on veut utiliser du RG213, alors $v/c = 0,655$ et la longueur sera plus courte, 681mm. C'est la longueur du câble qui est couverte par le blindage qui compte

La simulation de l'impédance au centre du drive avec EZNEC donne $Z_{ANT} \approx 53\Omega + j29\Omega$ à $f = 144,3\text{MHz}$.

L'adaptation au câble coaxial asymétrique de 50Ω est faite en 2 étapes : d'abord un circuit LC transforme l'impédance de l'antenne en une impédance symétrique de 200Ω, puis un balun classique réalisé avec un câble coaxial de longueur $\lambda/2$, transforme l'impédance symétrique de 200Ω en une impédance asymétrique de 50Ω.

La capacité parallèle C1 est connectée directement à la sortie du balun et les selfs L1 connectent le drive à C1

Les tubes du drive et le coax du balun passent à travers des presse-étoupes.

Les tubes sont maintenus par des blocs en bois percés à 8mm et vissés au fond de la boîte

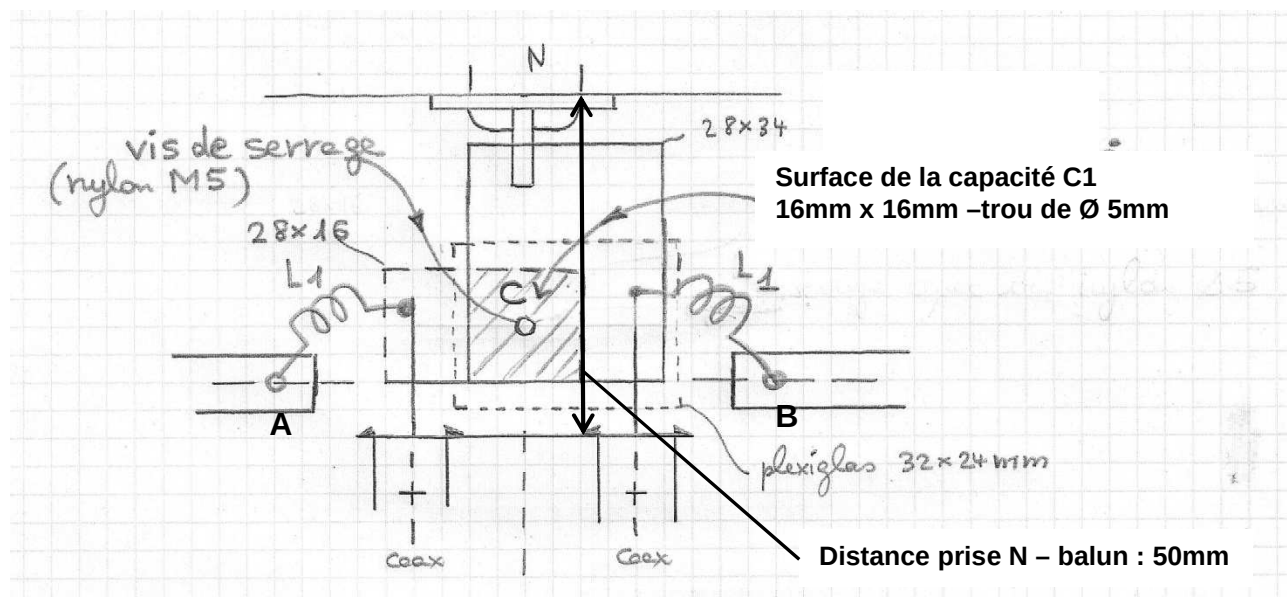


Fig. 8 : Construction du circuit d'adaptation

Les valeurs initiales du circuit d'accord étaient $C1=9,2\text{pF}$ et $L1=33\text{nH}$. Elles ont dû être modifiées pour tenir compte des éléments parasites dans le circuit :

- L'impédance simulée par EZNEC ne tient pas compte du gap de 6cm entre les points A et B. L'inductance du bout de tube manquant de 6cm et diamètre 8mm vaut 30nH. Il faut alors augmenter les valeurs de $L1$ de 15nH chacune $\rightarrow 48\text{nH}$
- L'inductance totale des connexions entre la prise N et le balun vaut $L=16,5\text{nH}$ (connexion de masse en cuivre argenté de longueur 50mm et de largeur 50mm, et connexion du point « chaud »). On compense l'effet de cette inductance parasite en modifiant le circuit d'adaptation ; $C1 \rightarrow 10,0\text{pF}$ et $L1 \rightarrow 54\text{nH}$.

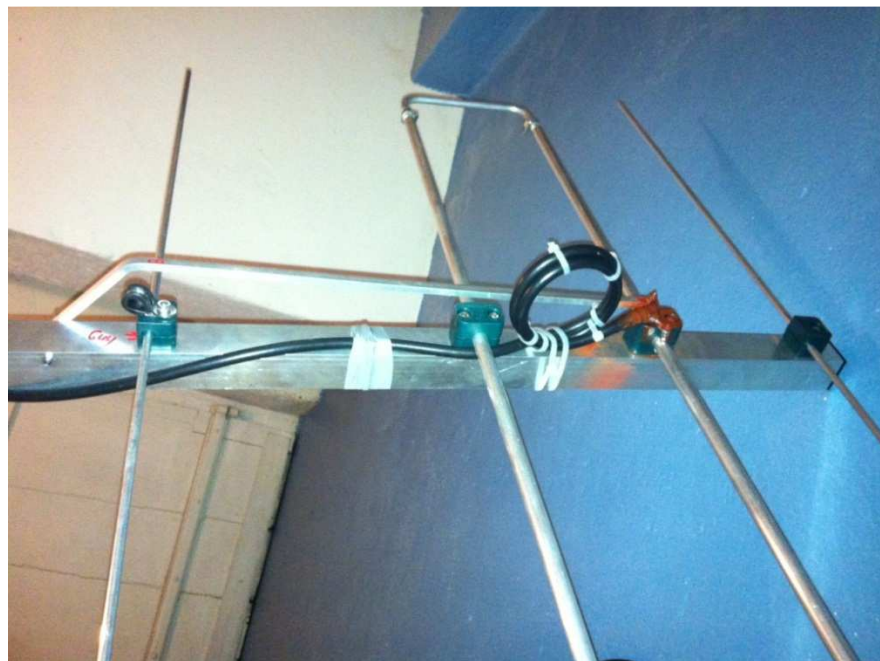


Fig. 9 : Système de drive LFA des antennes de G0KSC

C'est un peu compliqué comme circuit d'adaptation d'impédance.

Justin réalise un balun 50Ω /asymétrique à 50Ω /symétrique en faisant des spires (choque) avec le coax arrivant au drive. Une ligne $\lambda/4$ connectée entre le point chaud et le boom termine la symétrisation.

La résonance est ajustée en adaptant la largeur du drive (les tubes du bout couissent dans les tubes principaux)

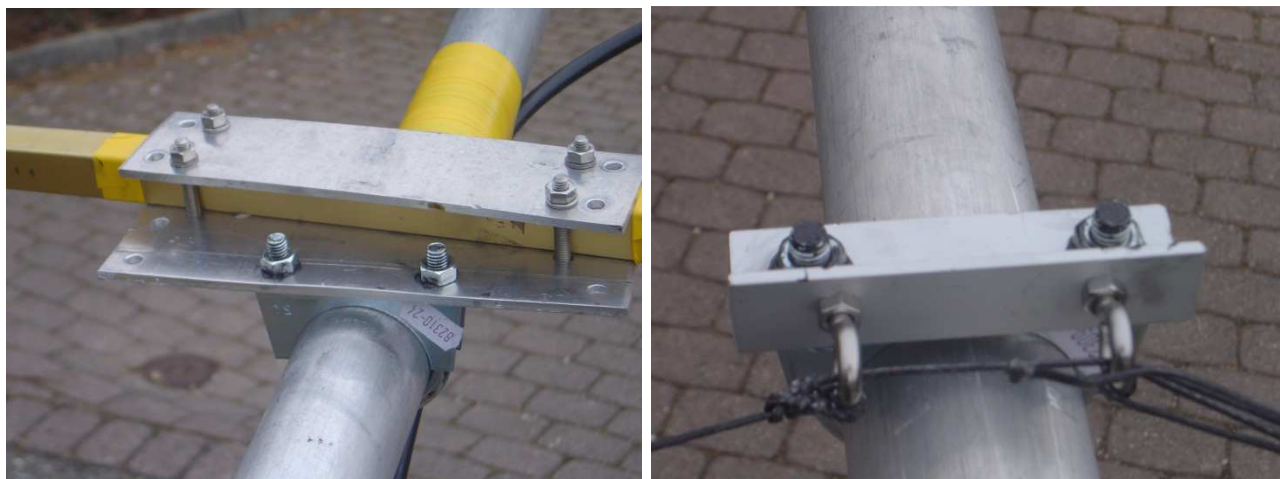


Fig. 10 : fixation du boom et des haubans du boom au mât

Fixation du boom au mât : le boom est serré par des vis inox de 6mm entre 2 plaques en alu d'épaisseur 4mm. La plus grande plaque (dimension 20cm x 10cm) est fixée au mât par des brides d'échappement ; ces brides sont bon marché et il en existe pour toutes sortes de diamètres de tubes. Dimensions de la petite plaque de serrage : 20cm x 5cm. Le boom est haubanné au mât par 2 petites cordelettes en pré-étiré de 2mm

A mon QRA, l'antenne est fixée au boom avec un angle d'élévation de 6°, de façon à pouvoir tirer par-dessus le Chasseral



Fig. 11 : la 13EL LFA fixée sur le mât

Pour augmenter le gain, on peut mettre 2 antennes superposées (ou plus si entente...). J'ai utilisé au QRA un système de 2x13EL LFA lorsque la météo était clémente ([fig. 14](#))

Un système de 2 antennes donne au maximum 3dB de gain supplémentaire par rapport à une seule antenne. Il faut cependant choisir un compromis optimum entre le gain et les lobes parasites.

Voir à la fig. 12 : lorsque l'on augmente l'espacement entre les 2 antennes, le gain augmente et s'approche de la valeur théorique maximale possible (18,7dBi pour 2x 13EL LFA), mais à partir d'un certain espacement, les lobes parasites augmentent fortement. J'ai choisi un espacement de 3m10, qui donne un gain de 18,4dBi (0,3dB de moins que le maximum), mais une réjection des lobes parasites acceptable ; les plus forts sont 15dB en-dessous du lobe principal et les autres atténués entre 20 et 30dB.

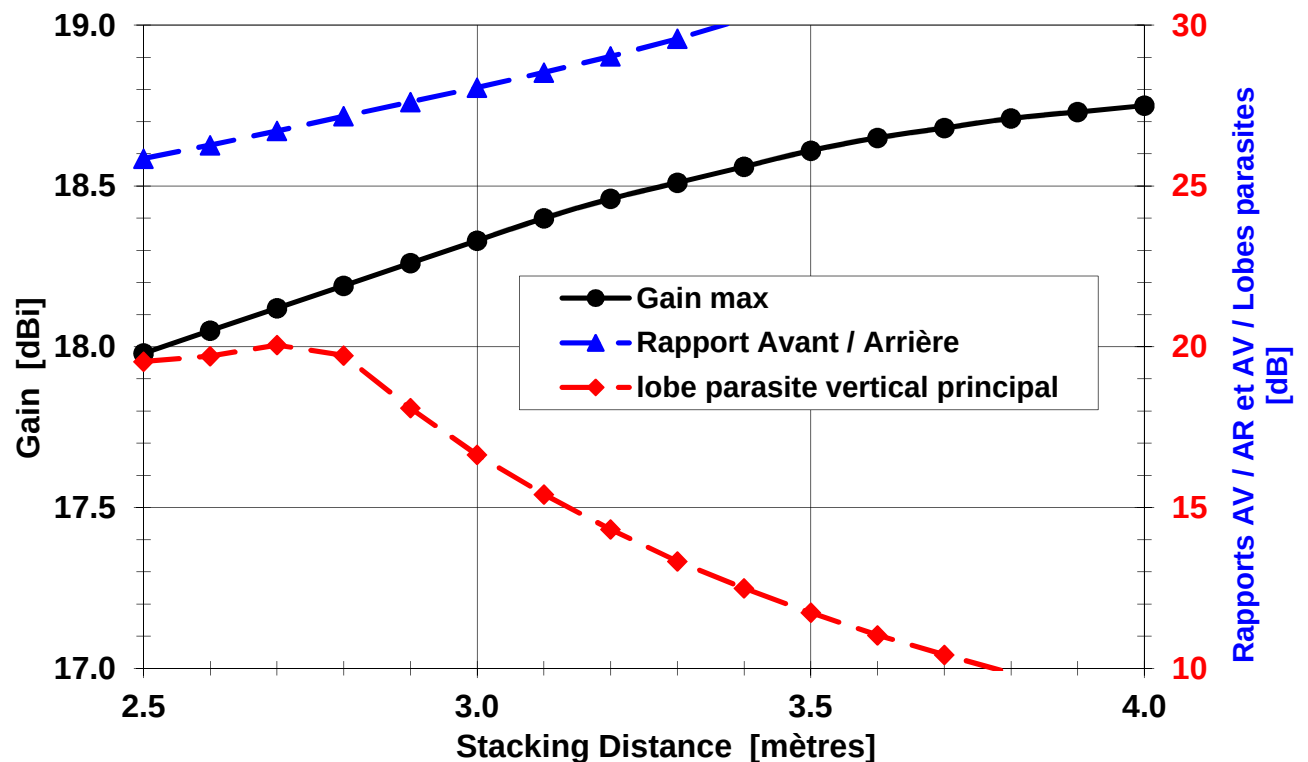


Fig. 12 : 2x 13EL LFA ; gain et réjection des lobes parasites verticaux principaux en fonction de la distance entre les 2 antennes

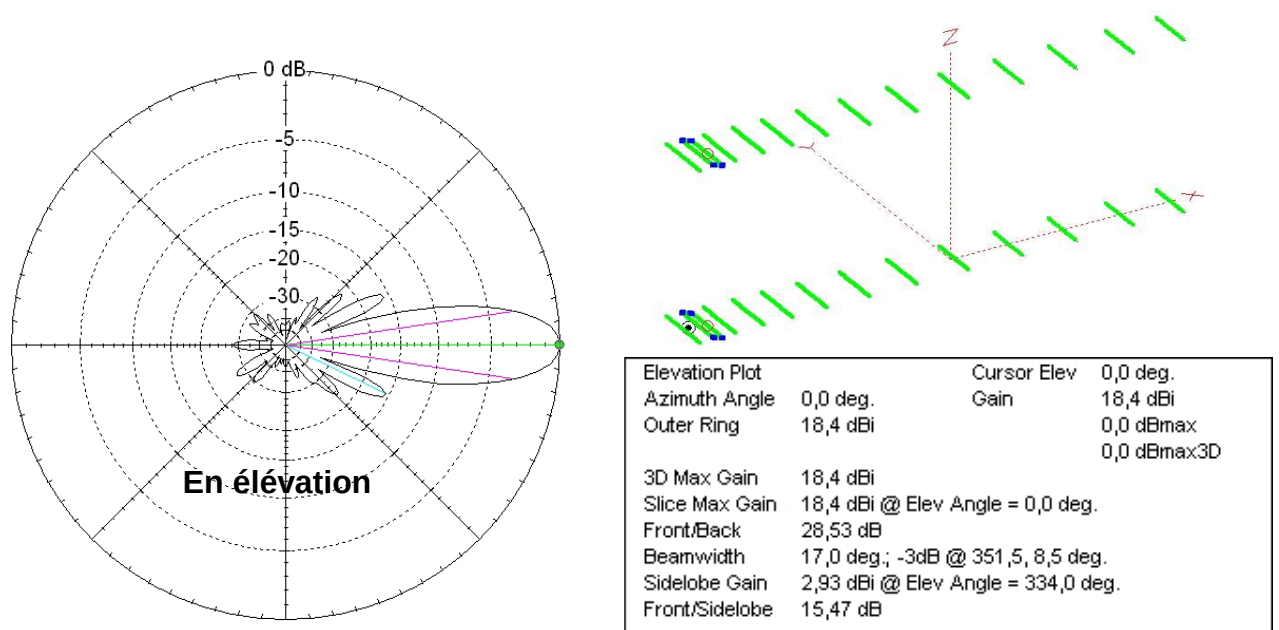


Fig. 13 : Diagramme de rayonnement vertical avec distance entre antennes de 3m10

Par rapport à une seule antenne le diagramme de rayonnement horizontal (en azimuth) est identique (voir [fig. 2](#)) avec un angle d'ouverture à -3dB de 32°.

Par contre, l'angle d'ouverture vertical est bien plus étroit (voir fig. 13, ci-dessus) : 17° au lieu de 34° avec une seule antenne. Il y a moins de lobes parasites verticaux qu'avec une seule antenne mais les 2 principaux sont plus forts.



Fig. 14 : 2x 13EL LFA avec 6° d'élévation en fixe à mon QRA

Et pourquoi ne pas mettre 3 antennes ? Ci-après les résultats de simulation avec un système à 3 antennes LFA de 13EL. La puissance n'est pas répartie également entre les 3 antennes : l'antenne du milieu reçoit la moitié de la puissance, et les antennes du dessus et du dessous chacune 25%.

Le coupleur pour ces 3 antennes est décrit à la [fig. 16](#).

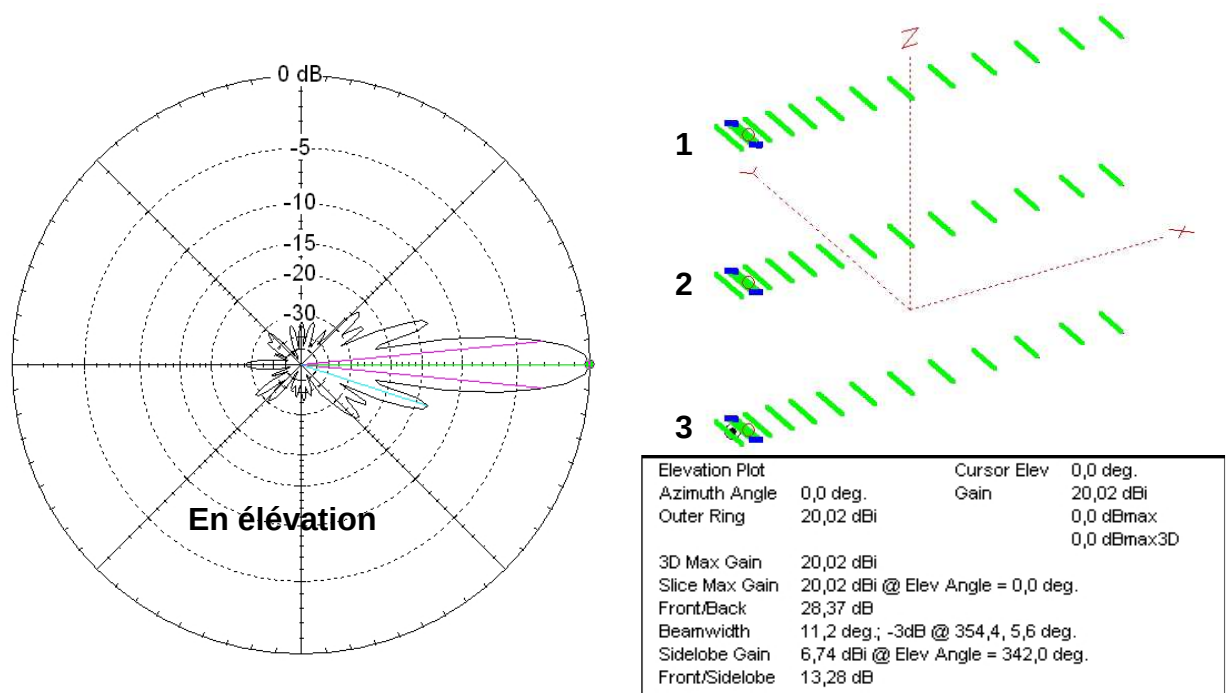


Fig. 15 : Antenne 3x 13EL LFA ; diagramme de rayonnement vertical et performances

Avec 3m30 d'espacement entre chaque antenne les résultats sont les suivants : gain 20dBi, angle vertical 11 degrés. Le diagramme de rayonnement horizontal est le même avec 1, 2 ou 3 antennes superposées verticalement (Fig. 2).

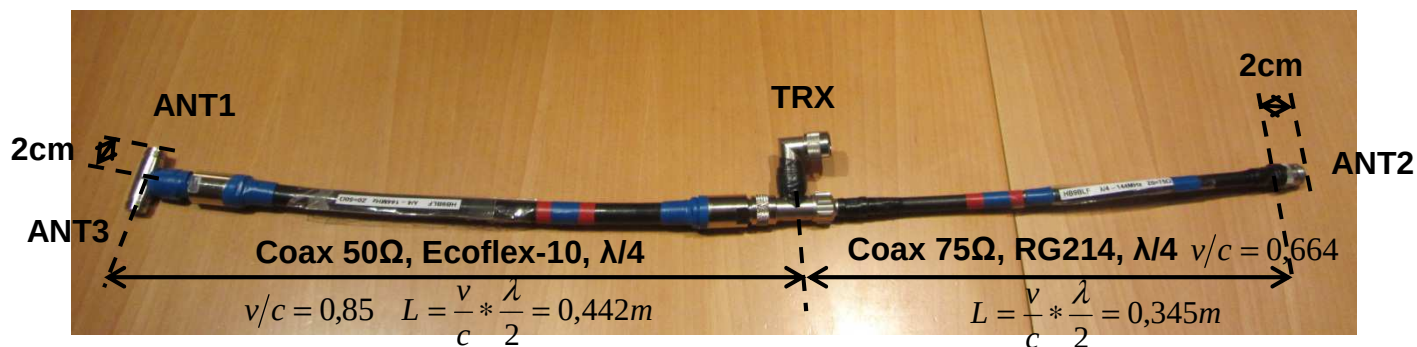


Fig. 16 : Coupleur pour 3 antennes LFA ; 25% - 50% - 25%

Le schéma du coupleur / répartiteur est donné ci-dessus.

- La ligne de gauche a une impédance de **50Ω** et une longueur $\lambda/4$; elle transforme l'impédance de 25Ω créée par la mise en parallèle des antennes 1 et 3 en une impédance de 100Ω au milieu du coupleur (TRX).
- La ligne de droite a une impédance de **75Ω** et une longueur $\lambda/4$; elle transforme l'impédance de 50Ω de l'antenne no 2 (celle du milieu) en une impédance de 100Ω au milieu du coupleur (TRX)
- La mise en parallèle des 2 impédances de charge de 100Ω donne une impédance de charge de 50Ω au point d'alimentation (TRX)

Ce système à 3 antennes n'a pas encore été testé pour une sombre histoire de tube de mât mal adapté... A mettre en ordre cet hiver !

Conclusions

J'ai vu une très nette différence en réception avec la 13EL LFA par rapport à l'ancienne antenne 15EL DL6WU. Moins de bruits et une atténuation nette des sources de perturbation qui s'enclenchent parfois dans le quartier où j'habite. Le gain d'antenne est le même (il dépend pour un bon design de la longueur du boom), mais le bruit est meilleur !

J'avais aussi transformé ma 18EL DL6WU en 15EL LFA (10m de boom). Là, il faut dire qu'au niveau bruit, c'était équivalent. La raison est que cette antenne avait été optimisée au niveau du bruit en son temps par DL6WU et DJ9BV pour faire de L'EME.