

4G

“RADIO GUIDE”



There are 29 paired bands (from 450 MHz to 3.5 GHz) defined by 3GPP for FDD and 12 unpaired bands for TDD (from 700 MHz to 3.8 GHz).

(MU-MIMO) Multi User MIMO
is utilized to serve a number of users at the same time using the same radio resources.
In this case different data streams can be addressed to different users.

Débit max par opérateur par bande de fréquence 4G (BW)
(si ces bandes sont disponibles sur votre relai)

		Mbit/s max relais 4G (partagé)						
Band		Orange	SFR	BT	FREE	TYPE		
→	B20	800	75	75	75	0	4G	
→	B3	1800	150	150	150	112,5	4G	
→	B7	2600	150	112,5	112,5	150	4G	
Voice call	B1	2100	20MHz	20MHz	15MHz	5MHz	3G	Pour Info
→	B28	700	75	37,5	37,5	75	4G	
Voice call	B8	900	10Mhz	10Mhz	10Mhz	5Mhz	2G (+3G)	Pour Info
Max en 3CA		375	337,5	337,5	337,5	CAT.9		
Max en 2CA		300	262,5	262,5	262,5	CAT.6		

Et aussi mais plus rarement:

En 1800: parfois encore de la 2G

en 2100: des relais dont une partie du canal radio est en 4G (migration)

Guide pour la sélection, le placement, l'installation et la confirmation d'une antenne 4G externe / extérieure.

Il faut commencer par évaluer si les performances du routeur sont acceptables avec ses antennes internes à l'aide des valeurs RSRQ, RSRP, RSSI, SINR ... disponibles sur le routeur et/ou sur un logiciel tiers (tel que LTE Inspecteur, vivement recommandé).

Une fois les premiers tests de performances effectués, que ces mêmes valeurs sont suivies et corrélées entre elles, on a alors un certain nombre d'informations pour nous guider en les "décodant" (voir forum si nécessaire). Pour le moment il ne faut pas se focaliser sur les débits qui peuvent donner l'impression souvent fausse, que les relais sont "bridés" (congestion réseau en langage télécom).

Si cela n'a pas été effectué au départ, il faut ensuite déterminer la localisation exacte des relais de votre opérateur, la direction des antennes (sector beam), et effectuer les profils altimétriques entre elles et vous via les sites qui permettent facilement de les établir, afin d'optimiser l'installation et les performances avec des antennes externes le cas échéant (voir forum pour les détails).

Toutes ces informations recueillies nous donnent un aperçu assez complet très précieux qui vont nous permettre de déterminer le type d'antennes externes à installer, et/ou leur emplacement comme expliqué ci-dessous.

Si le RSSI est élevé mais que le RSRP relativement faible:

Il y a un signal "potentiellement fort", mais avec un taux significatif d'interférences !

Le problème ici est leur rapport, il faut que l'écart entre ces deux valeurs soit le plus faible possible, c.-à-d. **un RSSI fort et surtout un RSRP fort** si c'est réellement possible (champ radio), ce qui permettra d'améliorer le SINR.

Si un emplacement différent de l'antenne intérieur (ou routeur) ne se résout pas le problème, par exemple en déplaçant l'antenne près d'une fenêtre ouverte et/ou à un étage plus élevé etc., alors le brouillage peut venir de l'intérieur du bâtiment ou du champ radio proche (tel qu'une ligne électrique haute tension etc...), alors une antenne externe peut résoudre le problème dans un cas de signal faible, donc considérablement améliorer la qualité du signal radio, mais pas dans la situation alors inextricable de "brouillage local" (il y a des solutions en déportant le routeur 4G en faisant un faisceau radio IP).

On peut déjà dire que la puissance du "sapin" de réception n'est pas un gage de qualité de réception, mais simplement le taux d'énergie radio arrivant sur le récepteur (c'est pour cela que nous avons toutes les autres valeurs, que le RSRQ intègre en une valeur simplifiée).

Si le RSSI est faible, il est possible que le signal radio 4G soit vraiment trop faible.

Si un emplacement différent de l'antenne intérieure ne se résout pas le problème, une antenne extérieure montée sur le toit peut augmenter très significativement la "force" du signal et donc la marge opérationnelle qui est capitale pour toute installation.

Si le lieu de votre installation est tout simplement éloigné du relai, une antenne extérieure directionnelle peut produire un signal de réception (et émission) beaucoup plus fort, si bien sûr elle est bien installée (emplacement, câble etc..) et de bonne qualité.

Les antennes extérieures sont mieux installées au-dessus de la ligne de toit des bâtiments, ou en hauteur sur un mur extérieur suivant vos possibilités, mais toujours de préférence au-dessus de la ligne de toit, c.-à-d.

l'emplacement le plus dégagé possible avec le câble le plus court possible (compromis à trouver).

PS: sauf quelques rares cas pour discriminer des signaux radios avec les éléments présents.

Si le RSRQ et le SNR sont relativement faibles ou le SINR mauvais:

La "quantité de signal utilisable" est relativement faible (il y a trop de "bruit").

Les niveaux RSSI et RSRP dépendent de la force du signal réel sur la zone de réception:

Si les deux sont faibles, alors le signal est faible, et donc la qualité de réception n'est pas suffisante, le "margin" de l'installation est trop faible, sans signal, pas de réception, c'est même le premier de tous les points à voir et à régler.

Un meilleur placement de l'antenne à l'intérieur (routeur ou antenne externe du routeur) peut encore donner de bons résultats, surtout si l'antenne est très basse, quasi au niveau du sol, rez-de-chaussée etc... (voire au-dessous), en déplaçant ou en déportant à un étage supérieur l'antenne, mais l'utilisation d'antennes externes à l'extérieur donnera toujours un bien meilleur résultat (avec une vraie antenne vs une antenne Fischer Price à 30€).

Si cela n'aboutit pas à des résultats acceptables en intérieur, une antenne extérieure (omnidirectionnelle ou unidirectionnelle) peut produire une amélioration très significative, surtout pour des longues distances, ou dans un environnement / champ radio “difficile”.

Ne pas négliger la qualité d’une antenne omni, parfois même favorable, surtout en agglomération dense afin d’utiliser les phénomènes de réflexion des ondes radio propices pour la 4G, car ici les cellules sont beaucoup plus nombreuses et beaucoup plus faibles (type femtocell en langage télécom).

Les changements de débit/performance:

A différents moments de la journée / des jours de la semaine , ces changements de performances peuvent avoir des causes très différentes les unes des autres.

La plus fréquente des raisons est qu’il peut simplement y avoir une utilisation accrue du réseau par d'autres utilisateurs dans ce secteur, sur cette même cellule, qui “engorgent ” l’infrastructure (congestion).

Il se peut aussi que ce soit le serveur distant que vous utilisez qui soit limité, dans ce cas ce n’est pas le réseau 4G la source de ce problème.

De la même façon, il se peut aussi que votre réseau local (Wifi, Ethernet) soit relativement limité et crée une congestion.

Ceci peut être confirmé en visualisant les résultats RF lors des bonnes et moins bonnes périodes, puis en les comparant, tout simplement.

Si les résultats RF (radio) ne sont pas significativement différents, cela pointe vers la congestion du réseau 4G dans votre zone géographique ou de votre réseau local.

Dans ce cas, à moins que les résultats RF ne soient pas “bons”, le placement/remplacement d'antenne peut ne pas apporter d'amélioration substantielle, car le problème majeur ne se situe pas ici !

Si les résultats RF (radio) sont sensiblement différents d’un moment à un autre, une “obstruction temporaire ” ou une “source de brouillage” peut être la raison de cette baisse de performances périodique, cela veut dire aussi que la marge opérationnelle est faible.

Il faut alors rechercher les sources de parasitage telles que les boîtiers radio / TV... à proximité des antennes, les boîtiers femtocell, de distribution de télévision par câble du bâtiment etc... ou les sites de diffusion, lignes haute tension... proches ou dans le champ radio etc... et parfois un brouilleur allumé !

Par exemple, à proximité des micros sans fil utilisant le 700MHz allumés à certains moments , ou de systèmes d'ouverture de porte de garage et d'autres équipements avec des télécommandes à distance 700MHz, certains types d'ampoules fluorescentes qui émettent des fréquences de 700mhz etc... car ils peuvent générer des interférences très significatives pour le routeur 4G.

Dans tous les cas, c'est le niveau de réception du signal du relai qui est le point de départ, via une antenne parfaitement placée, de bonne qualité, avec des câbles courts et de qualité le cas échéant.

Démarche en quelques points de repère:

1. Pour commencer, lors de vos tests, il faut toujours essayer en mode automatique, sans forcer d'agrégation et ne surtout pas vouloir agréger 3 bandes et encore moins 4, surtout si votre routeur ne supporte pas le 3CA Cat.9, **mais tester correctement une bande par une.**
2. Relever les fréquences (bandes) que votre routeur utilise (Ex: 800 et 1800 MHz).
3. Faire fonctionner au mieux la fréquence basse seule, tout en sachant que le 700 et le 800 sont limités à une capacité de 75 Mbits/s max (et partagée) sur le relai, et cela, pour tous les opérateurs en France, le 700 étant la fréquence qui se propage le mieux (idem 800) car sa longueur d'onde (WL) est la plus longue.
4. Faire fonctionner le 1800 (fréquence centrale 4G) seul au mieux sachant le 1800 à une capacité de 110 à 150 Mbit/s max (partagée) suivant votre opérateur, le comportement sera probablement différent.
(Le 1800 est la fréquence centrale, c'est celle ci qu'il faut privilégier et utiliser dans les couples en agrégation).
5. Comme pour le 1800 faire des tests en 2600, fréquence la plus délicate.

Le relevé de toutes ces informations est toujours le point de départ.

Ensuite et seulement ensuite vous pouvez mettre en agrégation quand les performances des fréquences ont été validées une par une, soit avec 2 fréquences si votre routeur est un Cat.6, soit 3 fréquences si c'est un Cat.9.

Les débits max ne peuvent être approchés **QU'AVEC** une bonne qualité de réception, sinon c'est impossible.

Tous les tests de placement peuvent aussi être effectué avec un smartphone 4G et votre SIM card, à l'aide de Network Cell Info Lite, ainsi on peut "visualiser" la force du signal radio a différents emplacements pour se faire une idée.

Voir également (très vivement recommandé):

Ci-dessous la méthode empirique pour trouver le meilleur emplacement et confirmer le relai.

En cas de problèmes :

Faire des tests en 3G avec (DC-HSPA 42Mbits/s) pour tester le champs radio en 2100MHz.

Faire un reset usine du routeur

Faire les tests en utilisant un connexion directe par câble en Ethernet (vs Wifi), sans switch etc...

Pour le choix d'une antenne externe voir plus loin dans le document.

Voyons tout ça plus en détails:

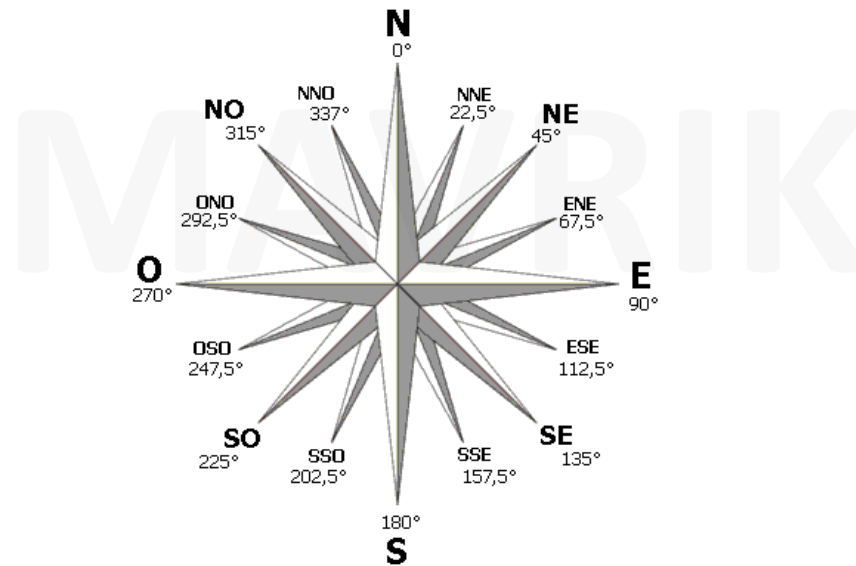
Déterminer le relai et son angle:

Lorsque vous consultez les cartes de position des relais sur les sites type cartoradio.fr vous pouvez alors déterminer l'angle sur 360° pour le pointage de l'antenne le cas échéant si vous avez une antenne directive, ou du moins, placer le routeur du bon côté dans votre bâtiment.

Le point 0 (nord) étant toujours celui tout en haut, il suffit de suivre la ligne droite tracée entre votre lieu de réception et celui du relai le plus adéquat en fonction des obstacles dans le champ (type profil altimétrique etc..)

Il suffit de reporter cet angle en degrés de 0 à 359 par rapport à votre bâtiment / route etc..

Attention, parfois on est surpris de l'angle obtenu avec celui que l'on imaginait correct (comme à Koh-Lanta) !



Voici une petite méthode empirique pour se faire une idée du meilleur emplacement chez soi, ceci permet avec un simple smartphone et un ustensile courant, de ne pas y passer des jours avec son routeur qui rame et a ne rien y comprendre.

Tests et confirmation empirique du meilleur emplacement, de la direction optimale et du relai adéquat.

A l'aide d'un smartphone android et de :

L'application Network Cell Info Lite (forcer la 4G si nécessaire).

D'un saladier parabolique en Inox, type 24cm Equinox à 2,50€ chez Super U.



Mettre le tel à plat et centré proche devant le saladier qui pointe comme une parabole dans la direction du relai.
Trouver le meilleur emplacement dans le bâtiment et l'angle à l'aide des valeurs affichées.
Puis, se retourner à 180° pour trouver l'angle du signal le plus faible, pour affiner / confirmer cet axe.
Puis revenir dans la position opposée (faire attention de toujours bien mesurer la même cellule avec le CELL ID).
Bingo, vous avez le meilleur emplacement et le meilleur axe pour votre antenne / routeur 4G (de cet opérateur).

Il faut pour cela:

En allant très doucement (laisser du temps à l'appli pour mesurer plusieurs fois), trouver la meilleure valeur **RSSNR**, si possible au dessus de **15dB**

Le **RSRQ** doit être le plus proche de **-6** voire mieux (**-6** est beaucoup mieux que **-12**).

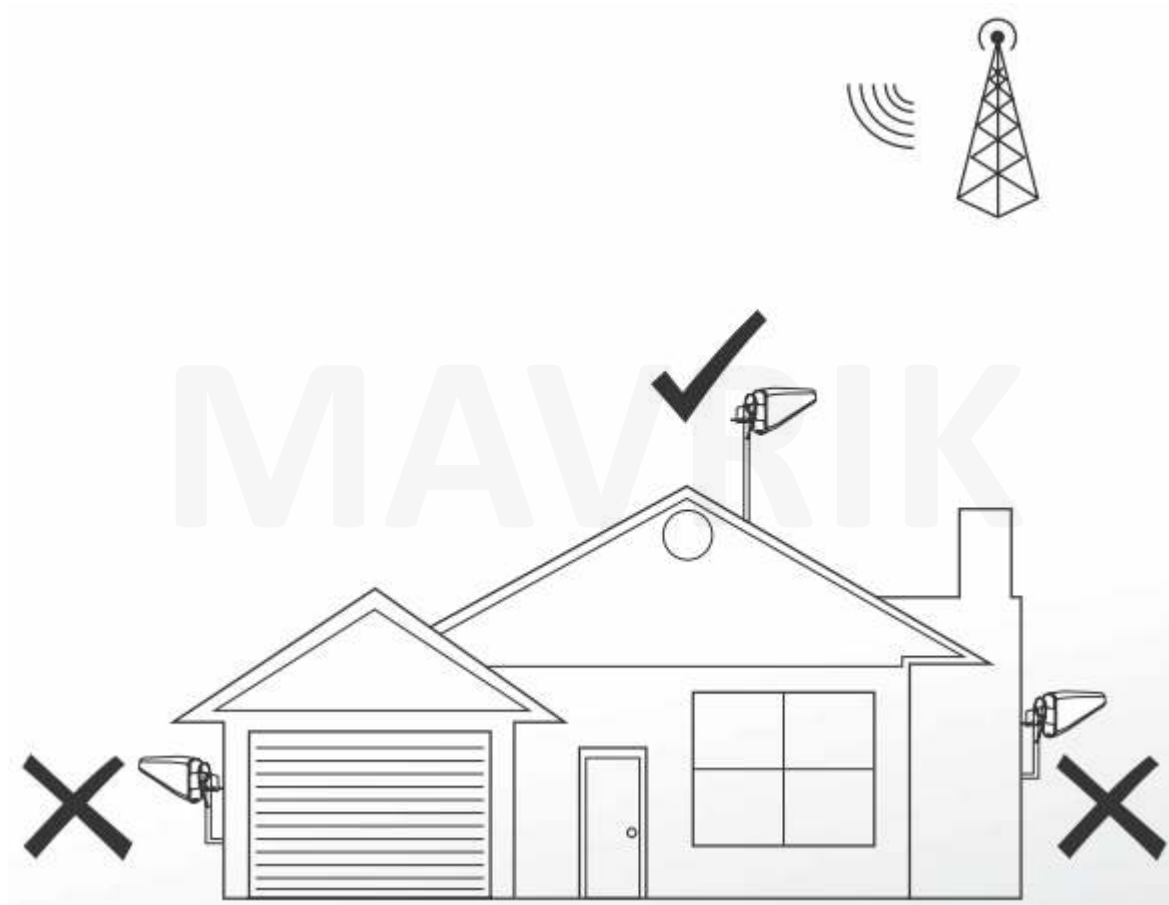
Ne pas tenir compte exclusivement du RSSI, car le RSSI mesure tous les relais ensemble de tous les opérateurs.

ON PEUT AINSI CONSTATER A QUEL POINT LE SIGNAL FLUCTUE SUIVANT L'EMPLACEMENT.

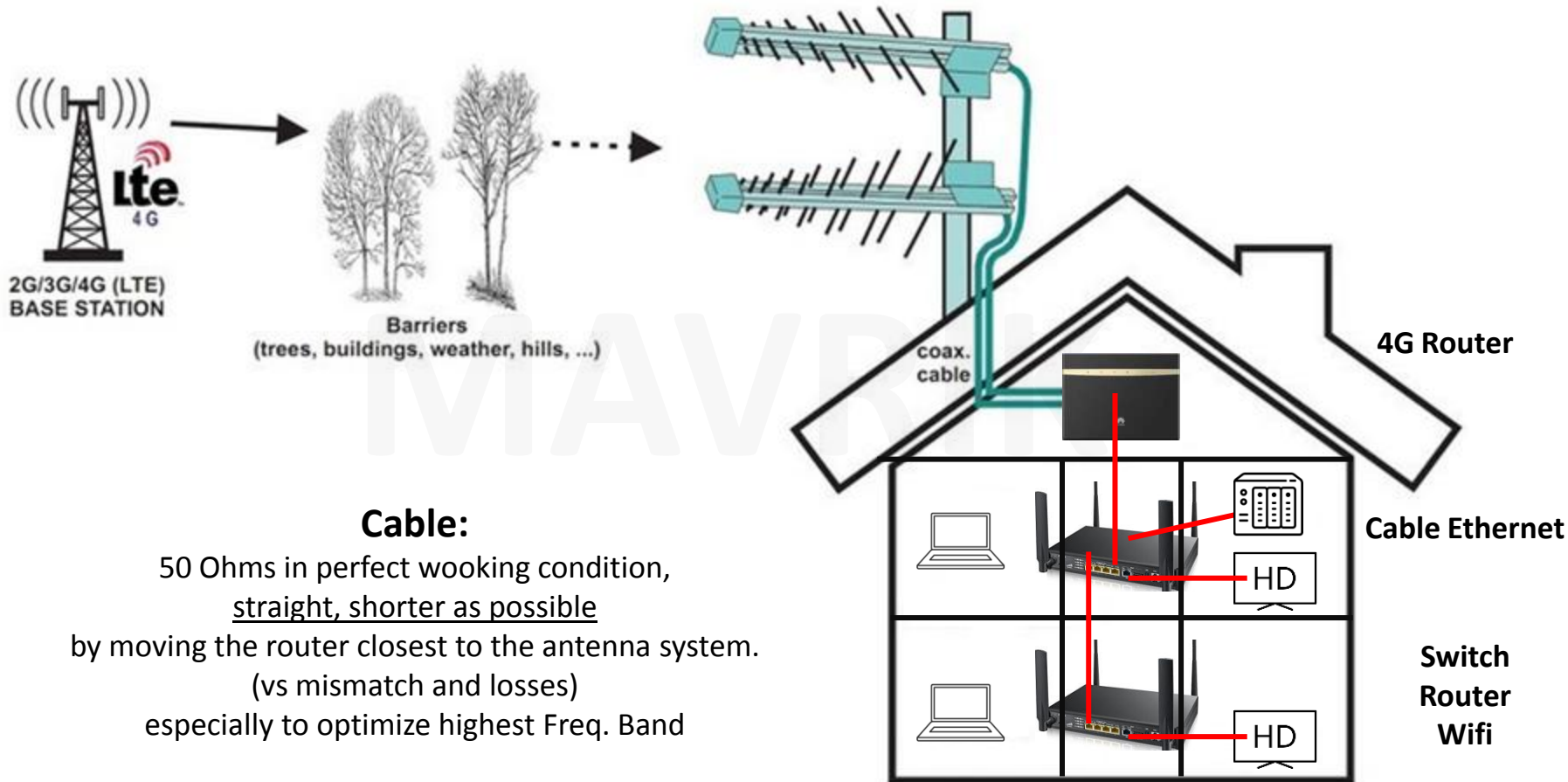
Voilà ! maintenant on a une idée relativement précise de "comment" le signal "passe" !

Simple non ?

**Antennas must be installed in free space
on roof
(for best performance)**



Antennas must be installed in free space on roof
(without metallic parts in the near field for best performance)

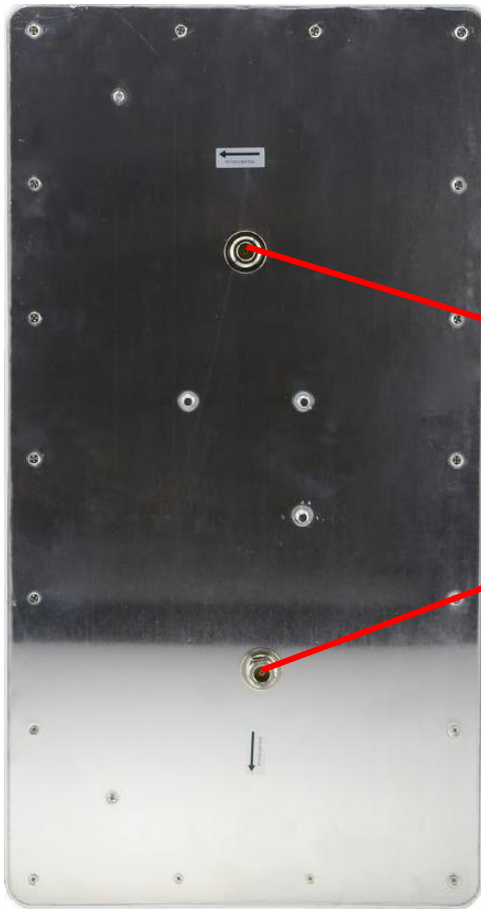


Cable:

50 Ohms in perfect working condition,
straight, shorter as possible
by moving the router closest to the antenna system.
(vs mismatch and losses)
especially to optimize highest Freq. Band

**Recommended setup if antenna can't be installed in free space on roof
but installed inside the building**

Example:
Antenna panel
placed at the best position
with 1m coaxial wires



Values of LTE Signal "Strength"

(From device / APP)

	Cur	Min	Max	Ø
RSSI (dBm)	-64	-64	-64	-64
RSCP (dBm)	-67	-67	-67	-67
ECIO (dBm)	-3	-3	-3	-3
SINR (dB)	0	0	0	0

Example of Poor Signal Reception

LTE RSRP Signal: -116 db (5%)
LTE RSSI Signal: -113 db (26%)
LTE RSRQ: -14 db (35%)
LTE SNR: -40 db (48%)
LTE CQI: 7 db (47%)
LTE Signal Strength: 2 db (6%)

Values of LTE Signal "Strength"

(From device / APP)

MCC:234		MNC:15		TAC:6157		Type:LTE			
eNB:501789		CELLID:30		PCI:		ARFCN:		TA:	
RSRP:-95		RSRQ:-8		SNR:30.0		CQI:-		RSSI:-73	
TIME	AC	NODE	CELLID	CI	ARFCN	LEVEL	QUAL	TYPE	SERV
15:20:..	6157	501789	30			-97	-8	4G	

eNB: 501789	LCID: 30	NID: 149/2
RSRP: -96	ASU: 44	Power: 251.2fW
RSRQ: -7	RSSNR: 300	

251fW (femtowatt)
= 2.5e-10 mW !!!

Values of LTE Signal “Strength” meaning:

Measurements at various points in space (RF conditions) which is covered by a Long-Term Evolution(LTE) base station (Cell).

RSRP: (vs. RSCP for 3G)	Reference Signal Received Power (average power received) from -141dBm (bad) to -44 dBm (excellent) or 0 to 97 ASU index. (vs. CP / Code Power).
ASU:	Arbitrary “Strength” Unit from 0 (bad) to 97 (good), related to RSRP in dBm.
RSRQ:	Reference Signal Received Quality (Quality of the received signal): $RSRQ = RSRP / (RSSI/N)$. typically from -19.5dB (bad) to -3dB (excellent) or 0 to 34 index.
RSSNR:	Reference Signal - Signal to Noise Ratio (received amplitude of the given signal) in dB.
SNR:	Signal-to-Noise Ratio (received amplitude of the given signal) / carrier to noise . $(RSRP \text{ (dBm)} = RSSI \text{ (dBm)} - 10 * \log (12 * N))$
SINR/SNIR (Not 3GPP):	Signal-to-(Interference-plus-Noise)Ratio / Signal-to-(Noise-plus-Interference)Ratio , in dB. $SINR = S/(I+N) = SNIR = S/(N+I)$.
RSSI :	Received Signal Strength Indicator in dB, calculated as an average of the total power measured within OFDM symbols that contain Reference Symbols . (when MIMO is not used, symbols are 0 and 4). = wideband power = noise + serving cell power + interference power
CQI :	Channel Quality Indicator, is an indication from 0 to 15 (index) of the data rate which can be supported by the channel, taking into account the Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio (SINR) and the characteristics of the UE’s receiver (for MCS / link budget adaptation).
ECIO:	Ratio E_c/I_o from 0 to -20 dBm, Energy of Carrier / broadband Interferences (not noise). it is an negative value (the energy is lower than the Total Interference). It is measured at the input of receiver (- 10 db is a reasonable value to consider as good).

User APP Values meaning:

(like Network Cell Info)

MCC:	Mobile Country Code (DDD)
MNC:	Mobile Network Code ((DD)
LAC (UMTS):	Location Area Code (DDDDD)
TAC	Tracking Area Code, to indicate eNB to which Tracking Area the eNB belongs (per Cell) (DDDDD)
NID	Network Identification code (DDD/D)
CID:	Cell ID (DDDDDDDDD)
eNBI	Evolved Node B Identifier (let's say: local network infrastructure) (DDDDD)
ECI	E-UTRAN Cell Identifier, to identify a Cell (within a PLMN) (DDDDDDDDD)
PCI	Physical Cell ID, Number between 0 and $168 * 3 = 504$ (to identify each "beam" vs. interference). (DDD)
LCID	Logical Channel ID (let's say: Logical Channel Number) (DD)
RSRP:	Received Power from -141dBm to -44 dBm (0 to 97 ASU)
ASU:	Arbitrary Strength Unit (0 to 97)
RSRQ:	Reference Signal Received Quality (Quality of the received signal): $RSRQ = RSRP / (RSSI/N)$. typically from -19.5dB (bad) to -3dB (excellent) or 0 to 34 index.
RSSNR:	Reference Signal - Signal to Noise Ratio (received amplitude of the given signal) in dB.
RSSI :	Received Signal Strength Indicator in dB, calculated as an average of the total power measured within OFDM symbols that contain Reference Symbols . (when MIMO is not used, symbols are 0 and 4). = wideband power = noise + serving cell power + interference power
CQI :	Channel Quality Indicator, is an indication from 0 to 15 (index) of the data rate which can be supported by the channel, taking into account the Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio (SINR) and the characteristics of the UE's receiver (for MCS / link budget adaptation).
POWER:	Received signal level (in femtowatt, picowatt...)
TA:	Timing Advance, related to BTS increasing distance , consideration of propagation delay.

Values of LTE Signal “Strength” table

LTE	In	Bad	Poor	Good	Very Good	Norm.
RSRP	dBm	-100	-95	-85	-80	3GPP
RSRP	Index	40	45	55	60	3GPP
RSRQ	dB	-20	-17	-12	-9	3GPP
	Index	0	6	16	22	3GPP
RSSI	dBm	-100	-85	-70	-55	3GPP
SINR	dB	0	7	16	25	Vendor
ASU	Index	10	33	66	80	3GPP
Ec/Io	dB	-13	-11	-9	-5	ITU
CQI	Index	11	12	13	14	3GPP

French operators Freq. Plan and capacity in details: 700 to 2700 MHz

Band		Orange LTE				SFR LTE				Bouygues LTE				Free LTE				Band	
		BW	F.start	Cent. F.	F.stop	BW	F.start	Cent. F.	F.stop	BW	F.start	Cent. F.	F.stop	BW	F.start	Cent. F.	F.stop	BW	Cent.F
B20	800	10	811	816	821	10	801	806	811	10	791	796	801	0	0	0	0	30	806
B3	1800	20	1805	1815	1825	20	1825	1835	1845	20	1860	1870	1880	15	1845	1853	1860	75	1842,5
B7	2600	20	2635	2645	2655	15	2620	2628	2633	15	2635	2663	2670	20	2670	2680	2690	70	2655
B1	2100	15	2155	2162,5	2170	15	2110	2118	2125	15	2125	2133	2140	0	0	0	0	60	2140
B28	700	10	763	768	773	5	758	760,5	763	5	773	775,5	778	10	778	783	788	30	773
B8	900	10	935	940	945	10	945	950	955	10	925	930	935	5	935	937,5	960	35	942,5
		Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz	Mhz

Frequency Attenuation (in free space)

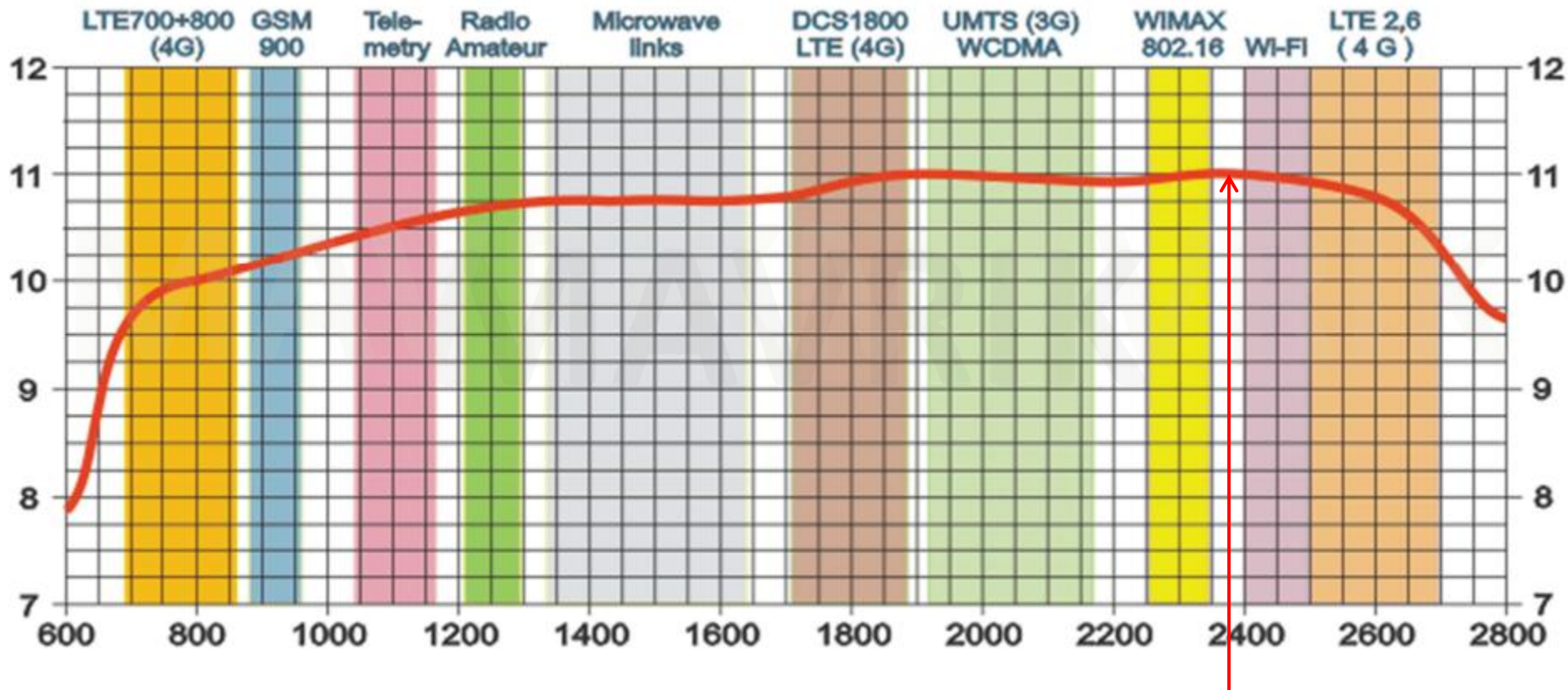
Band		Frequency Attenuation (in free space) / Distance in km														
BW	Cent.F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12,5	15	20	25	30
30	806	90,6	96,6	100,1	102,6	104,6	106,1	107,5	108,6	109,7	110,6	112,5	114,1	116,6	118,5	120,1
75	1842,5	97,8	103,8	107,3	109,8	111,7	113,3	114,7	115,8	116,8	117,8	119,7	121,3	123,8	125,7	127,3
70	2655	100,9	106,9	110,5	113,0	114,9	116,5	117,8	119,0	120,0	120,9	122,9	124,5	126,9	128,9	130,5
60	2140	99,1	105,1	108,6	111,1	113,0	114,6	116,0	117,1	118,1	119,1	121,0	122,6	125,1	127,0	128,6
30	773	90,2	96,2	99,8	102,3	104,2	105,8	107,1	108,3	109,3	110,2	112,1	113,7	116,2	118,2	119,8
35	942,5	91,9	98,0	101,5	104,0	105,9	107,5	108,8	110,0	111,0	111,9	113,9	115,5	118,0	119,9	121,5
dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB

B28 / B20 are around **+10dB** better vs. B7 @ 2600MHz
(but with lower BW)

Power goes down with the square of distance

4G: 700 to 2700 MHz (France)

Antenna Band



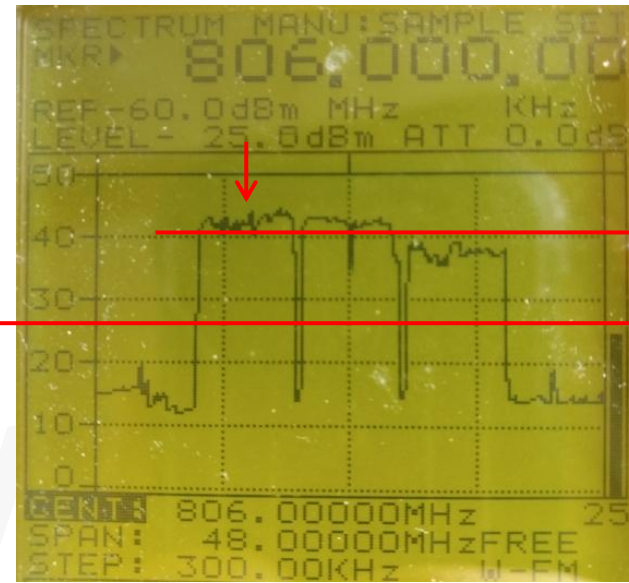
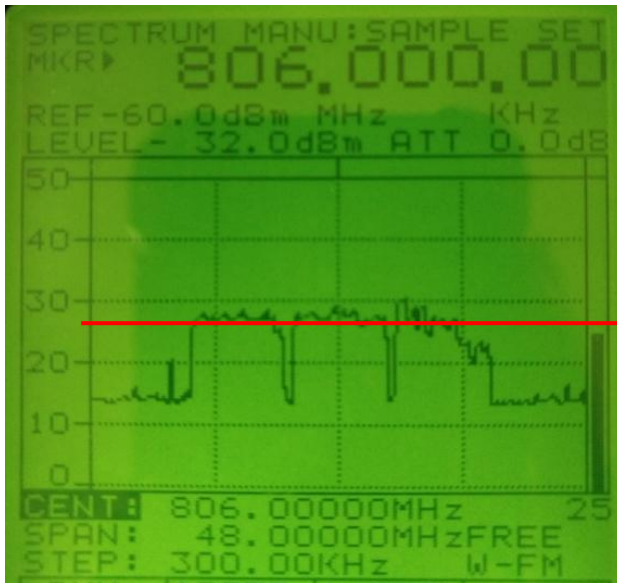
Gain Max

Ex: Iskra Log-Periodic Dipole Antenna L58-P700

BW: 2GHz / Gain 11dBi / VSWR<1.5 / Freq. center 1700MHz

Antenna gain and signal comparison with König ANT-4G20-KN

Antennes
lapin /
internes



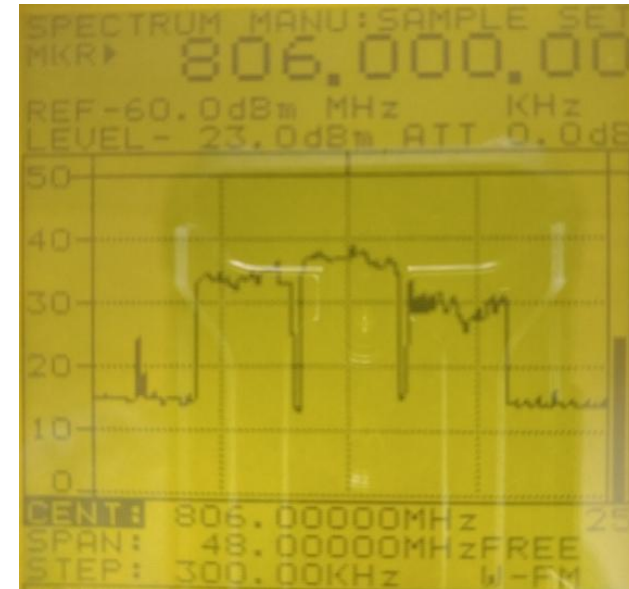
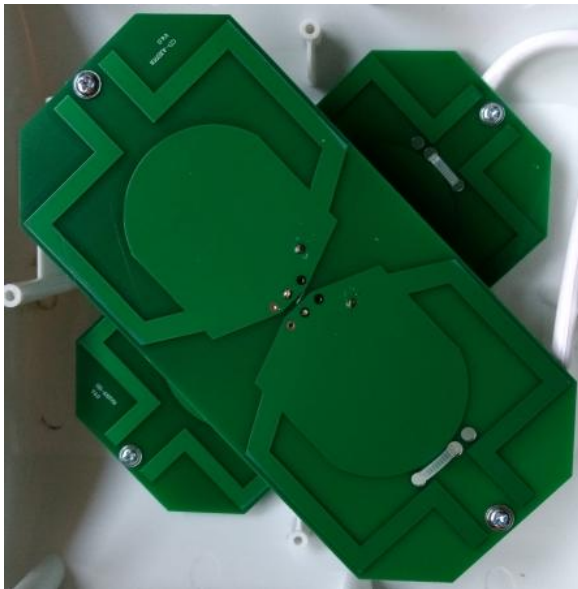
Pointée
(BT)

RX Gain

(Qualité de réception)

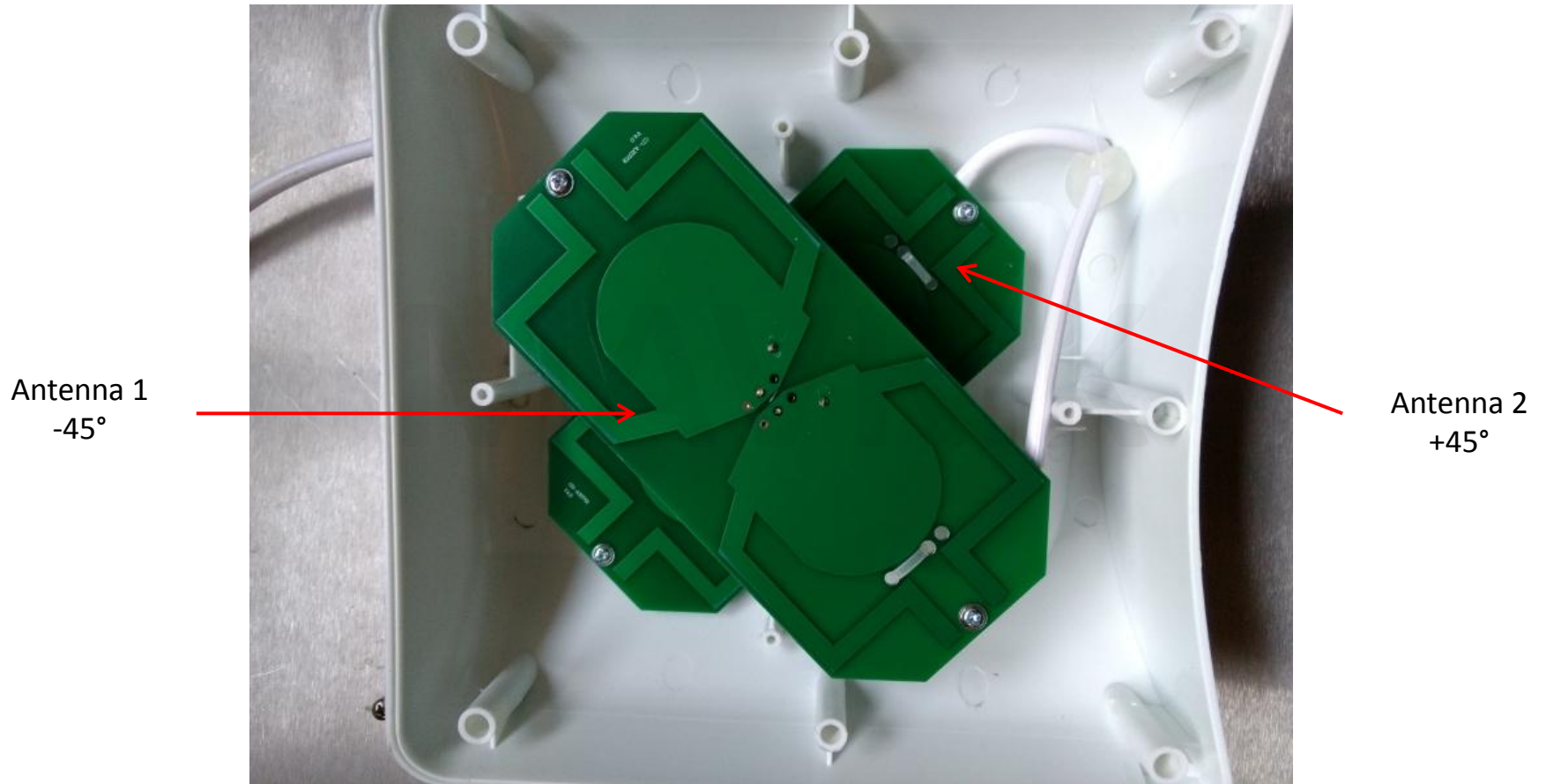
(au même
emplacement)

Eléments
Internes
de l'antenne



dépointée
90°

LTE MiMo Antenna (X-POL @ +/-45°)
König ANT-4G20-KN



König ANT-4G20-KN

First Price Multi Usage Panel Antenna
(MiMo and X-POL +/-45)

Around 45€

Low cost
recommended
Up to 5km
small size



Poynting X-POL 2 v2

(one of the best & useful LTE 2x2 MIMO antenna for home use)

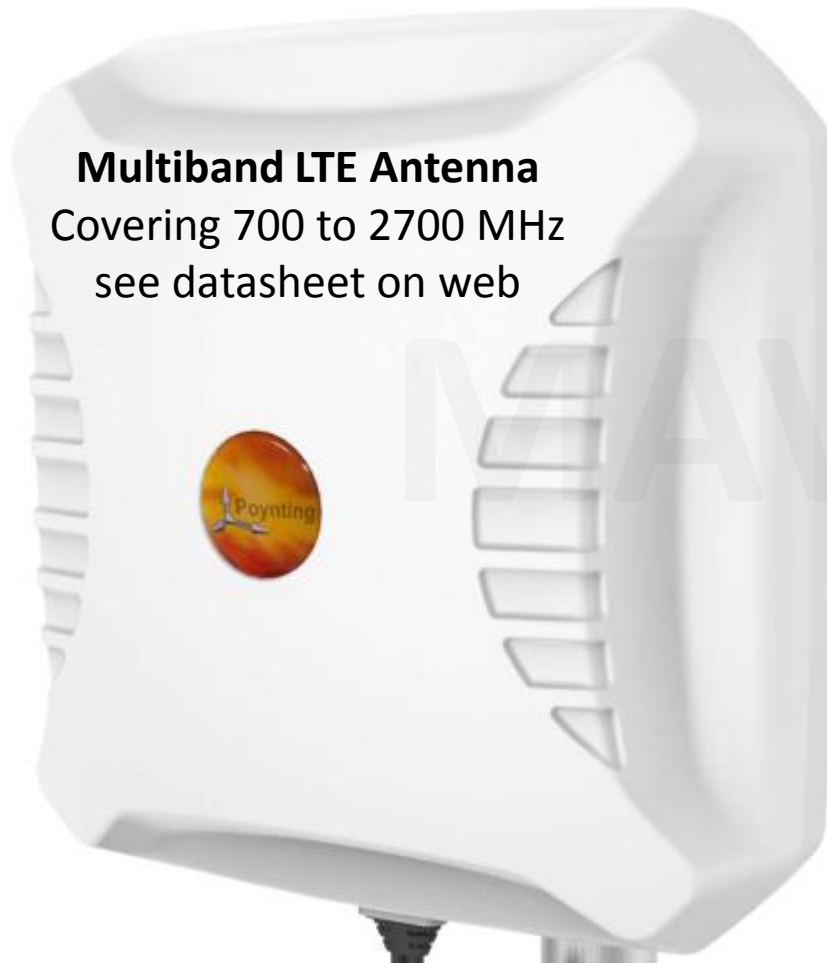
Excellent alternative of LPDA antennas

Around 140€

highly recommended

(best choice)

All cases

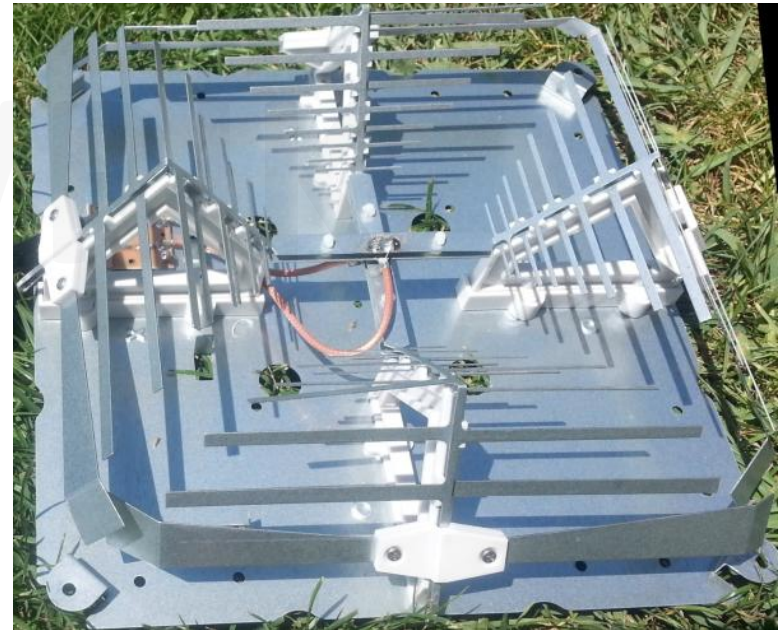


Multiband LTE Antenna

Covering 700 to 2700 MHz

see datasheet on web

MAVRIK CHOICE



Antenna	F. Start	F. Stop	BW	Cent. F.	Q	Ratio	Fract. BW	BW %
X-POL2	700	2700	2000	1700	0,85	3,86	1,18	117,65

Poynting LPDA-92 all bands
The best ones

Around 200€
highly recommended
Long distance +



Iskra Log-Periodic Dipole Antenna L58-P700 (to 2700MHz)

one on the best LPDA but fragile mechanical elements

Works very well

Around 75€

highly recommended

Budget LPDA

Long distance



**Chinese 47x26cm 7dBi MIMO Panel from ebay
works from 700 to 2700MHz**

Must be installed at 45° XPOL for better performance
(type N connectors)

Around 40€
highly recommended
Budget Panel
short & long distance



**MAVRIK FIRST
CHOICE**

Works very well

in all cases

very high gain in high bands

Omnidirectional Antenna
Broadband 700 – 2700 MHz
(2x for +/- 45° MiMo application)

Around 45€
recommended
urban area
short distance
useful on balcony

Performance can be improved by increasing distance
for better rejection, at least 133cm or 200 / 266 cm.
Antennas can also be used un vertical only.

Recommended Omni Antenna
(vs all other "fischer price" ones)

Good in dense urban area



24dBi Parabolic Grid MIMO XPOL Antenna

LTE 1800 – 2700 Mhz
(with 2x 2.4Ghz Wifi antenna)

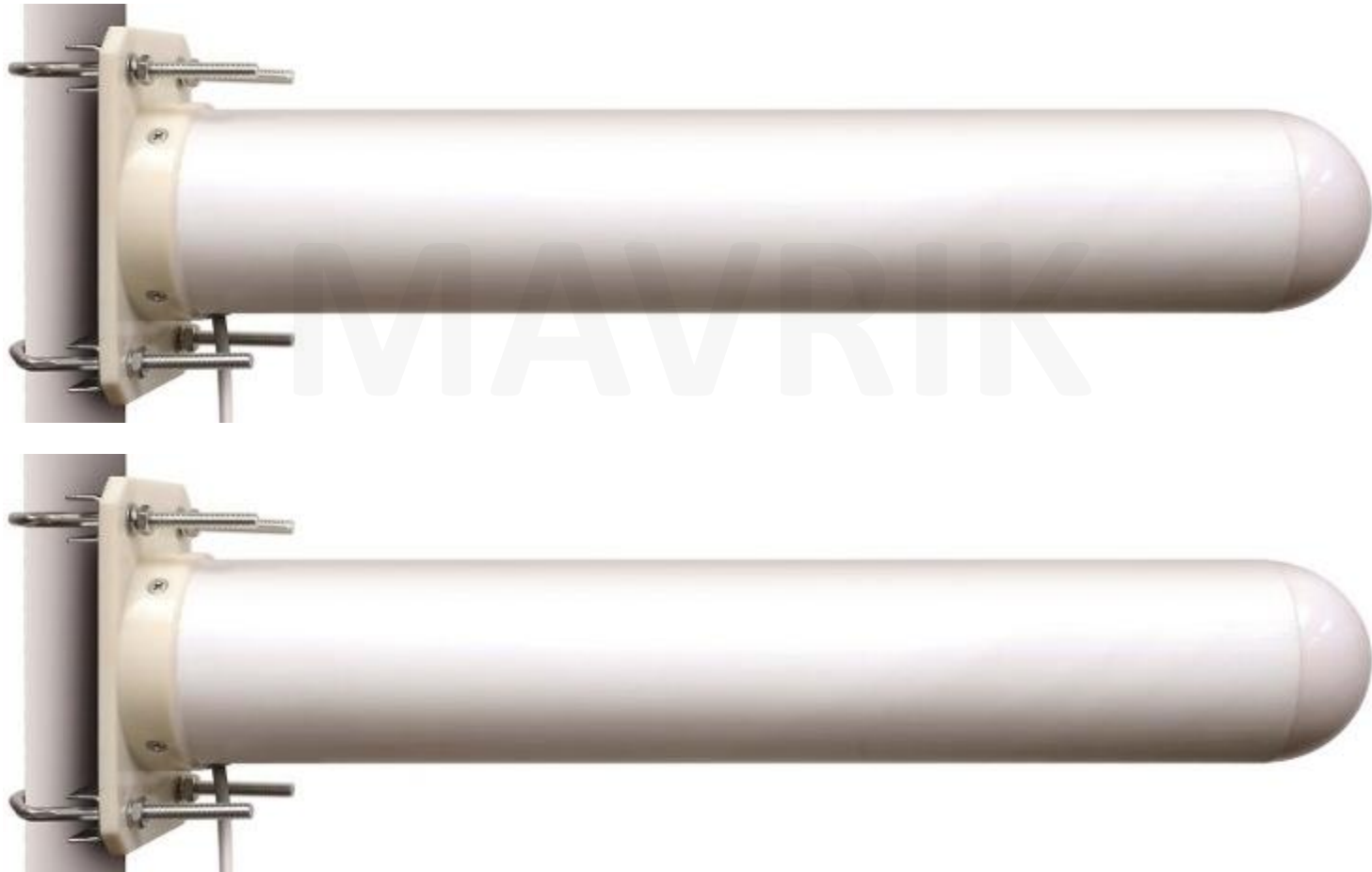
Around 100€

Very Very Long
distance



18dBi AYA 4G 18 x2 for MIMO XPOL Antenna
LTE 1800 – 2700 Mhz
(you can also use Bazooka 2.4 Ghz Wifi antenna)

Around 90€
highly recommended
Very very Long distance



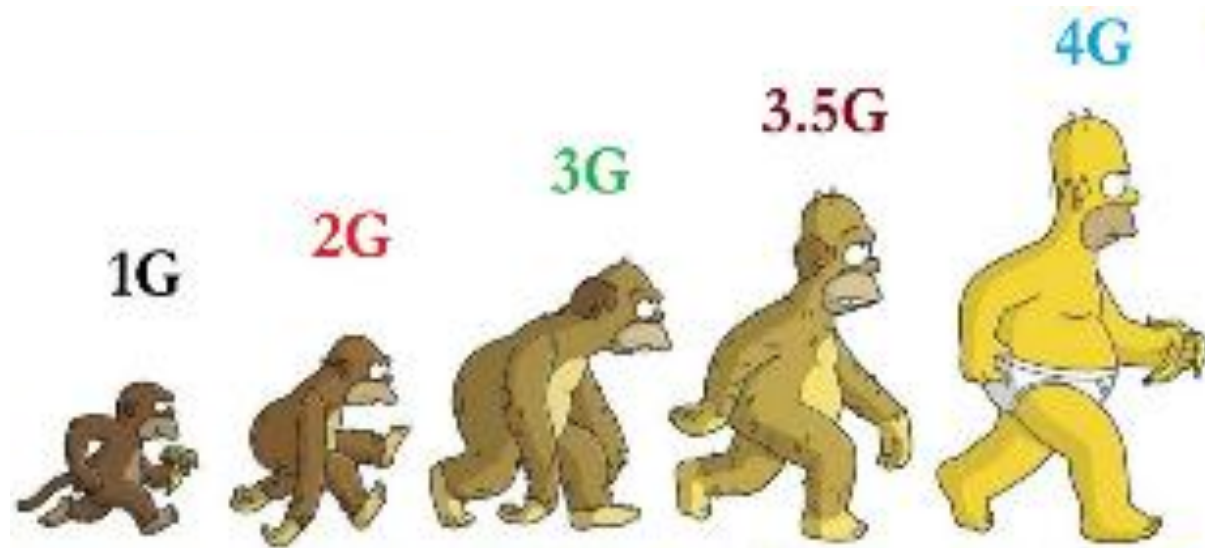
DIY 30dBi / 60cm Parabolic Antenna with 2x AYA 4G 18
1800 – 2700 Mhz

Around 120€
highly recommended
Ultra Long distance



Technical useful Info

(almost organized)



Antenna Gain and TX POWER Reminder

LTE RF (UE) Conformance:

- **TX Max. Output Power:** Class 3 = **23dBm $\pm$ 2.7dB (EIRP)**

This test is for verifying that the error for the UE maximum output power does not exceed the range prescribed by the specified nominal maximum output power and tolerance.

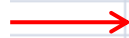
An excessively high maximum output power could interfere with other channels or systems.

dB Table / Reminder

RF (Power)			
(10log)			
un Gain X	6	dB	
cad 2^	2,00	(Y)	
GP de	4,00	fois	
en dBm	dB	2^	cad fois
(1mW ou -30dB)	0	0,00	1,00
	1	0,33	1,26
	2	0,67	1,59
	3	1,00	2,00
	4	1,33	2,52
	5	1,67	3,17
	6	2,00	4,00
	7	2,33	5,04
	8	2,67	6,35
	9	3,00	8,00
(10mW)	10	3,33	10,08
	11	3,67	12,70
	12	4,00	16,00
	13	4,33	20,16
	14	4,67	25,40
	15	5,00	32,00
	16	5,33	40,32
	17	5,67	50,80
	18	6,00	64,00
	19	6,33	80,63
(100mW)	20	6,67	101,59
	21	7,00	128,00
	22	7,33	161,27
	23	7,67	203,19
	24	8,00	256,00

dBm	to mW	mW	to dBm
30	1000,000000000000	260	24,150
-100	0,000000000100	100000	50
-90	0,000000001000	10000	40
-80	0,000000010000	1000	30
-70	0,000000100000	100	20
-60	0,000001000000	10	10
-50	0,000010000000	9	9,54
-40	0,000100000000	8	9,03
-30	0,001000000000	7	8,45
-20	0,010000000000	6	7,78
-10	0,100000000000	5	6,99
0	1,000000000000	4	6,02
1	1,258925411794	3	4,77
2	1,584893192461	2	3,01
3	1,995262314969	1	0,00
4	2,511886431510	0,100000000000	-10
5	3,162277660168	0,010000000000	-20
6	3,981071705535	0,001000000000	-30
7	5,011872336273	0,000100000000	-40
8	6,309573444802	0,000010000000	-50
9	7,943282347243	0,000001000000	-60
10	10,000000000000	0,000000100000	-70
100mW	20	100,000000000000	-80
1W	30	1000,000000000000	-90
10W	40	10000,000000000000	-100
100W	50	100000,000000000000	-110

fW



(RX)



ou 30 dB

mW

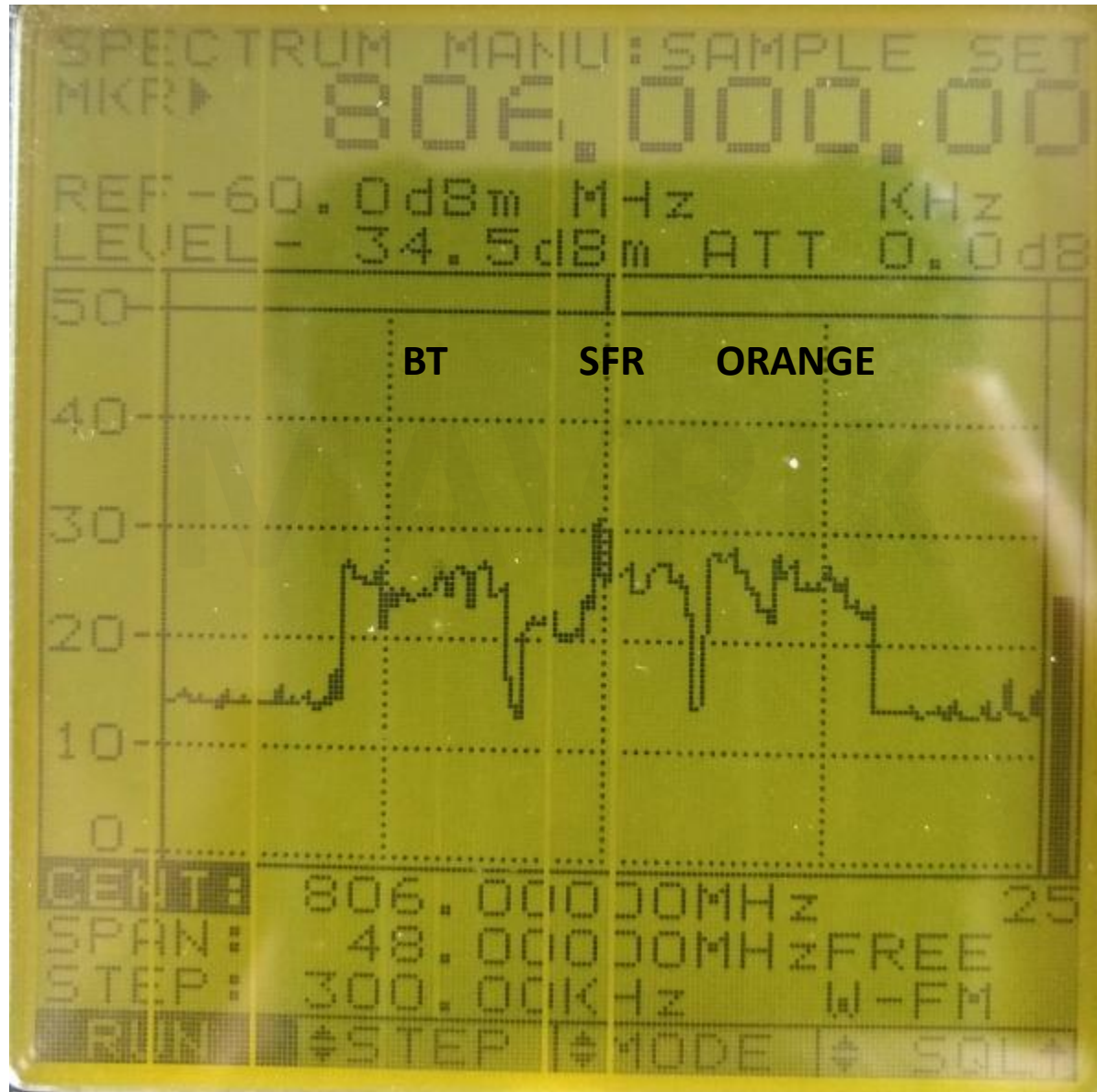
(TX)



Standard 800MHz reception

3 operators (3*10MHz) @ nominal condition

Illustration purpose
only
not accessible using
your 4G router



Note

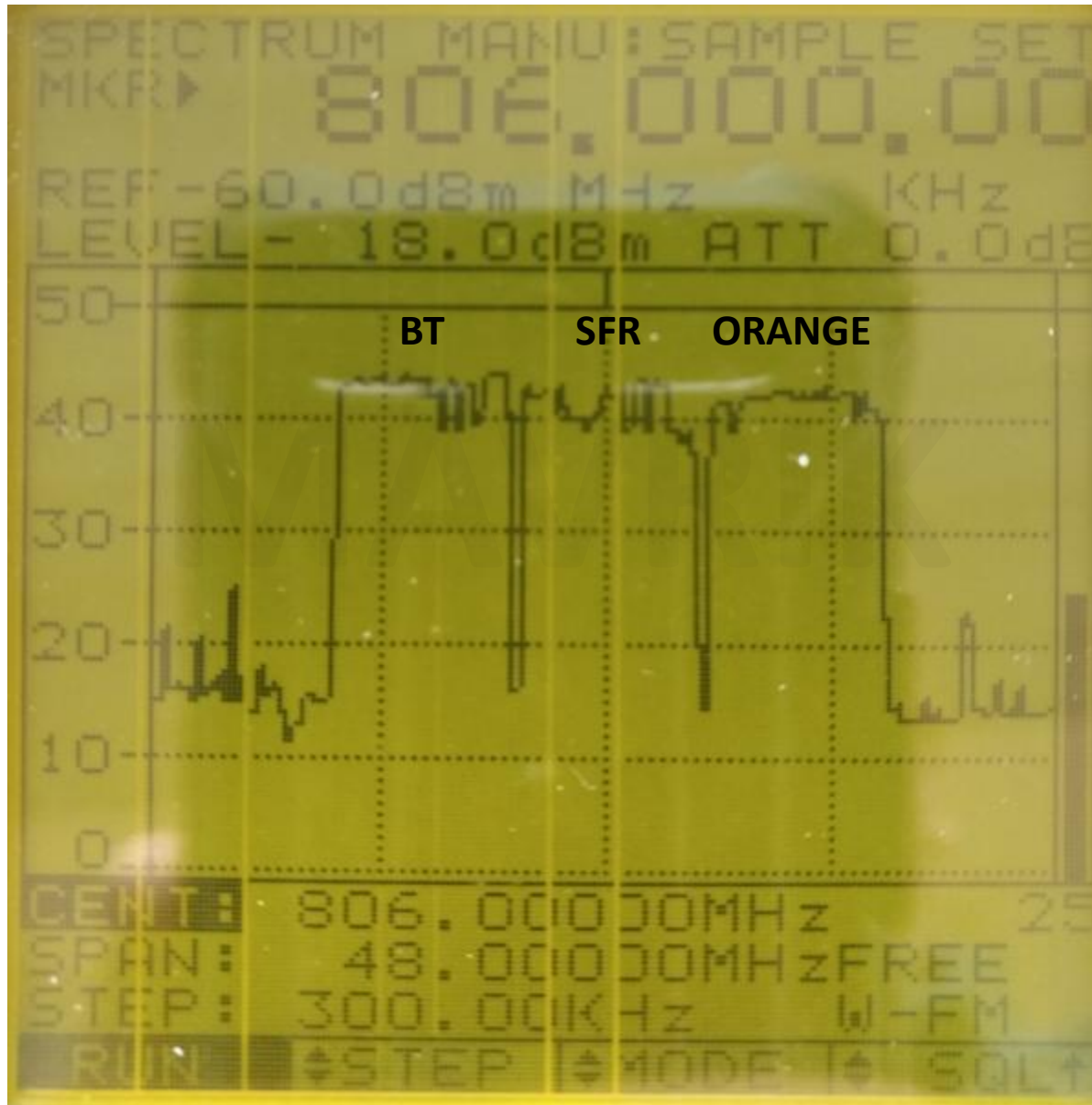
Below 12,5 dB of C/N
data rate is not
optimal

12,5dB C/N = 0% loss
6dB C/N = 30% loss
3dB C/N = 50% loss
1,5dB C/N = 70% loss

(average value)

Excellent reception
with external MIMO antenna Poynting X-POL2

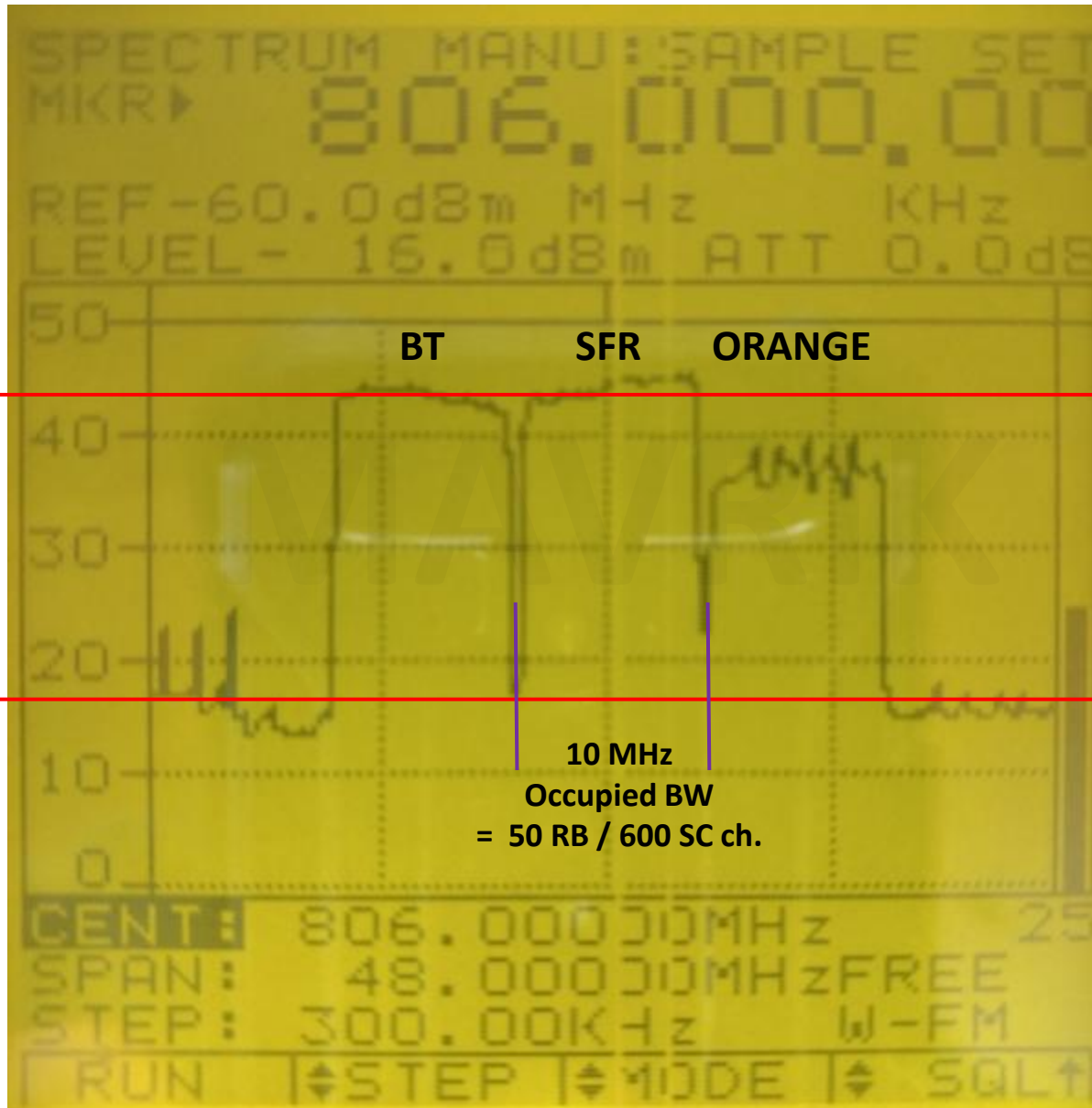
Illustration purpose
only
not accessible using
your 4G router



Optimized reception on 2 operators (3*10MHz)

Illustration purpose
only
not accessible using
your 4G router

Carrier to Noise
=
SNR
related to
SINR, RSSNR



Note
3GPP BW
1,4 to 20 MHz
@
5 Mbps / MHz DL
minimum
(64 QAM)
&
2,5 Mbps / MHz UL
minimum
(16 QAM)
=
100 Mbps DL
50 Mbps UL
system capability
@20MHz
(Ex: Cat. 3)

Power / Noise / Interference

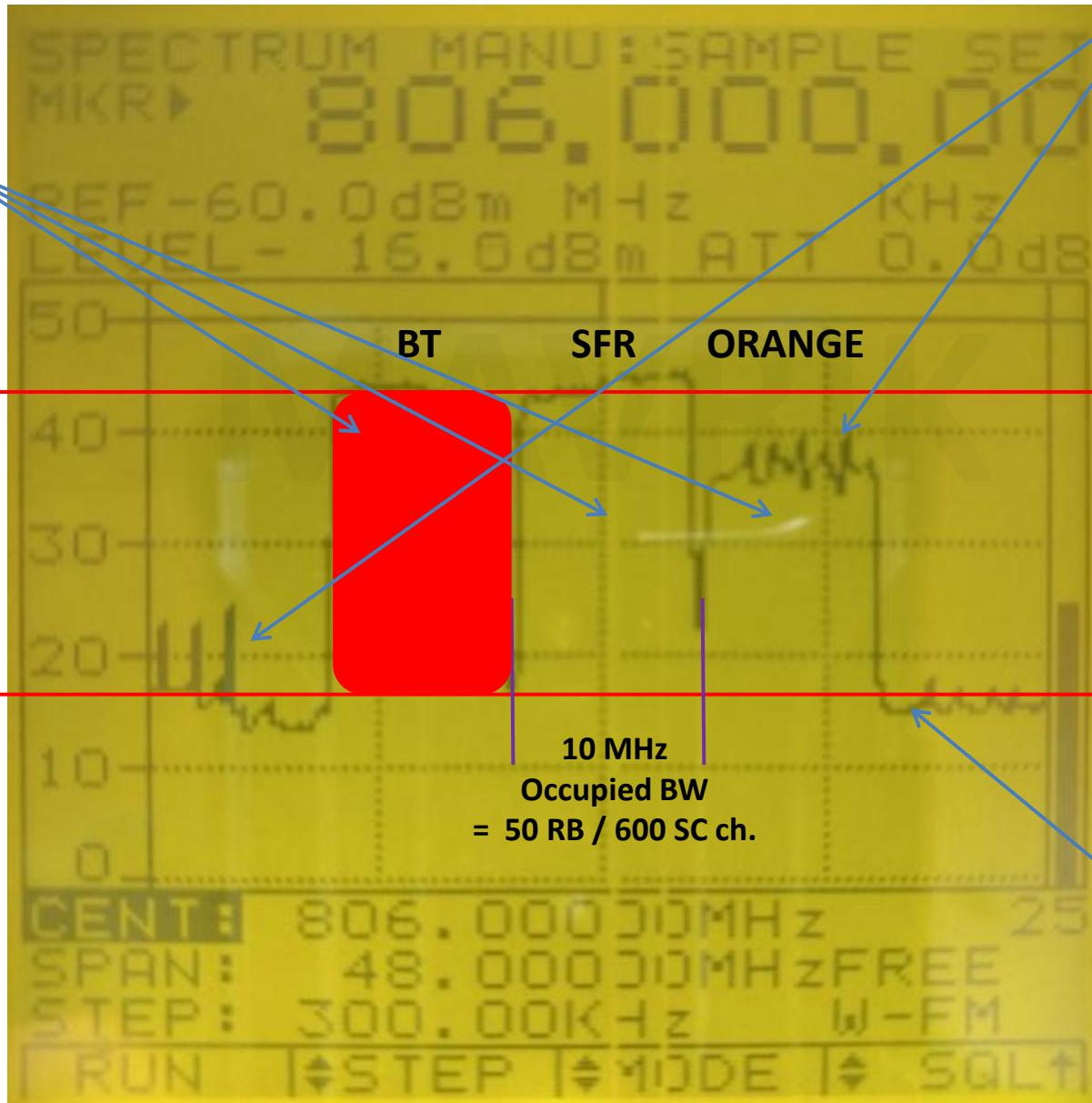
“Surface” = Power
in dBm
(envelope)
related to RSRP

Example:
B20 Base station :
TX Pwr = 28.5 dBW
= 58.5 dBm = 708W
(EIRP)
(up to 35dBW
= 3116W)

vs

UE TX:
(User device)
Pmax
+23 dBm EIRP
+/- 2,7 dB
E-UTRA class.3
= -5dBw = 316mW

Pmin = -40 dBm



Interference

BT

SFR

ORANGE

10 MHz

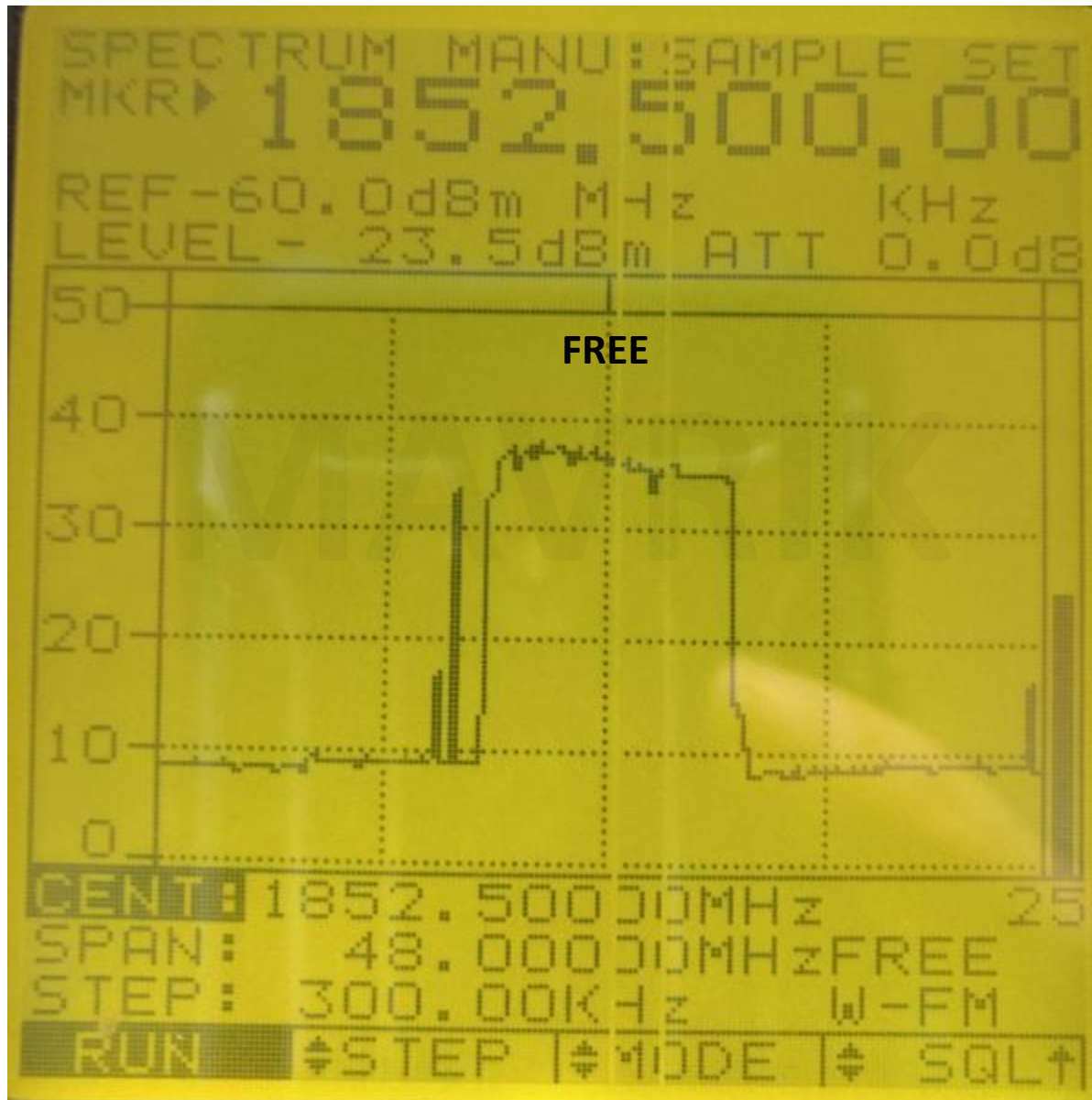
Occupied BW
= 50 RB / 600 SC ch.

Noise

Illustration purpose
only
not accessible using
your 4G router

Excellent 1800 MHz (Free Mobile) ch. @ 15 km
with external Antenna

Illustration purpose
only
not accessible using
your 4G router



Values of LTE Signal “Strength” (TABLES)

CQI index	Modulation	Approximate code rate	Efficiency (information bits per symbol)
0	'Out-of-range'	—	—
1	QPSK	0.076	0.1523
2	QPSK	0.12	0.2344
3	QPSK	0.19	0.3770
4	QPSK	0.3	0.6016
5	QPSK	0.44	0.8770
6	QPSK	0.59	1.1758
7	16QAM	0.37	1.4766
8	16QAM	0.48	1.9141
9	16QAM	0.6	2.4063
10	64QAM	0.45	2.7305
11	64QAM	0.55	3.3223
12	64QAM	0.65	3.9023
13	64QAM	0.75	4.5234
14	64QAM	0.85	5.1152
15	64QAM	0.93	5.5547

Bad radio Link
Max cat.6: 100 Mbps / 20MHz

Aggregation
wont work

+50 %

Best radio Link
Max cat.6: 150 Mbps / 20MHz

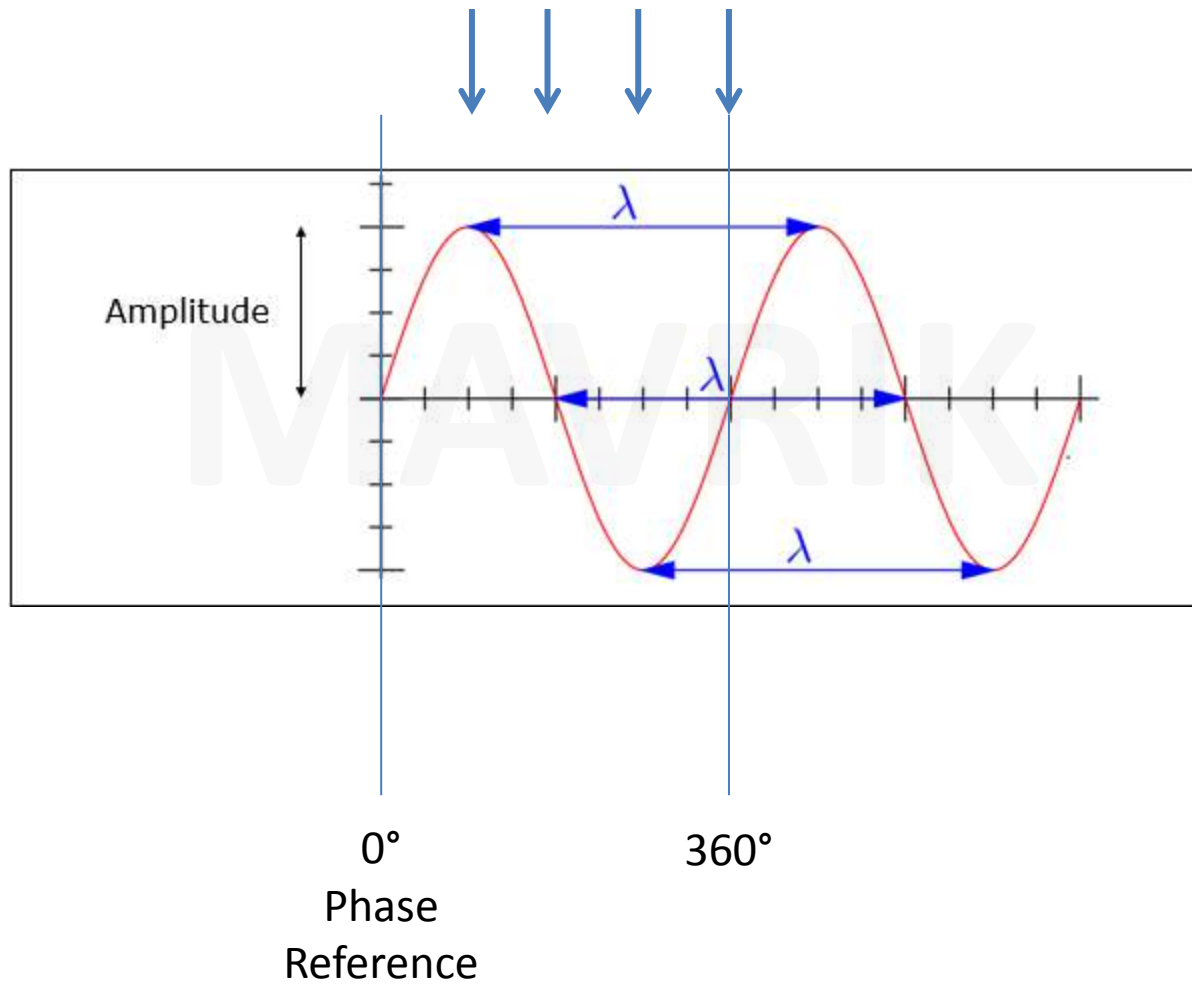
$$RSRQ = N * (RSRP / RSSI) = RSRP / (RSSI / N)$$

is a number of resource blocks over which RSSI
is measured

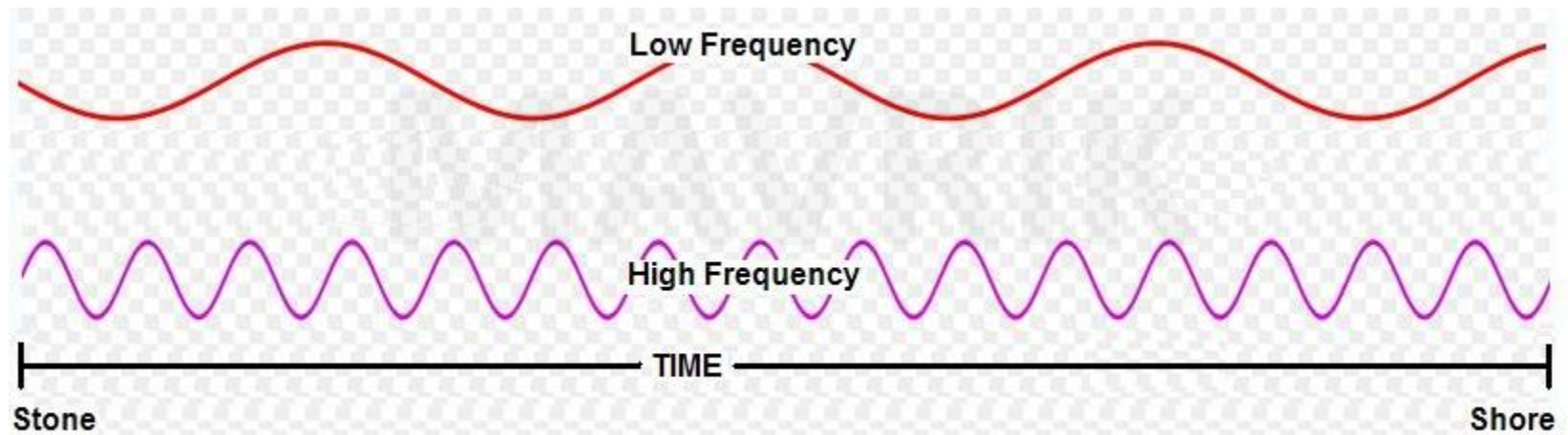
(0,125Mbit/s usable / subcarriers) →

	Channel BW in MHz					
	1,4	3	5	10	15	20
Number of Resource Blocks	6	15	25	50	75	100
Number of Subcarriers	72	180	300	600	900	1200

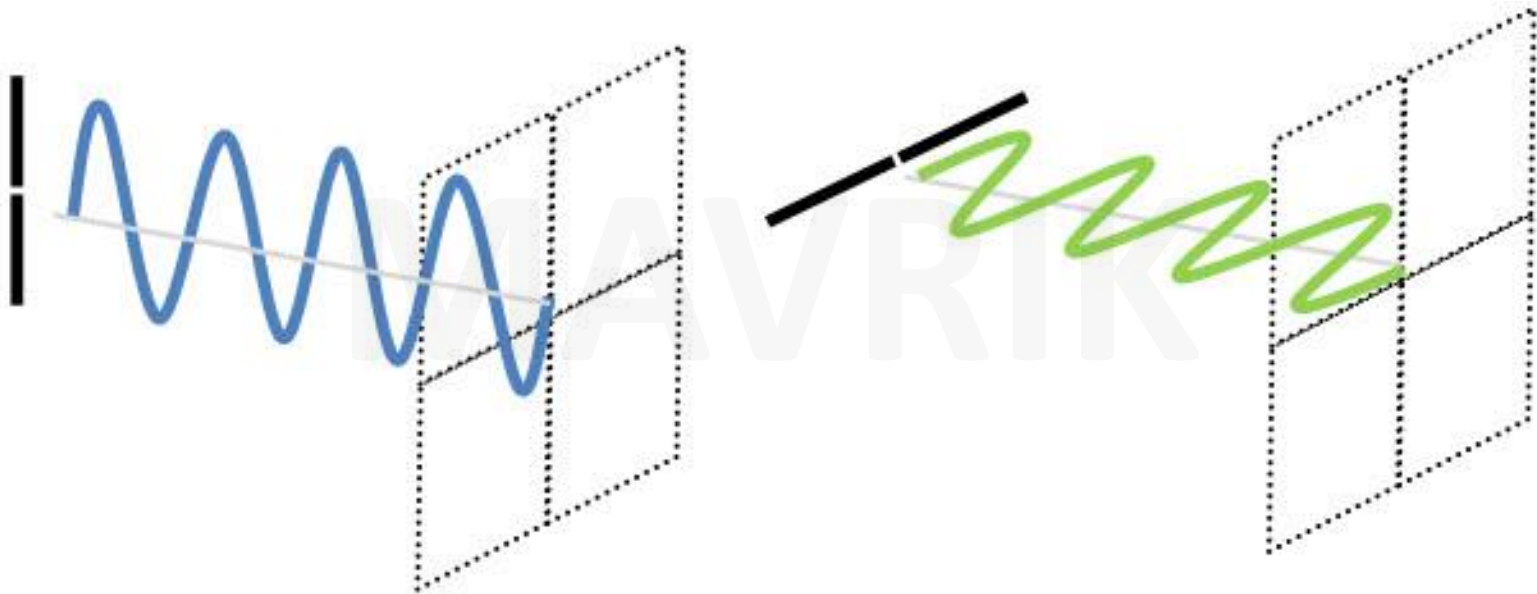
WL	0,25	0,5	0,,75	1
Angle	90°	180°	270°	360



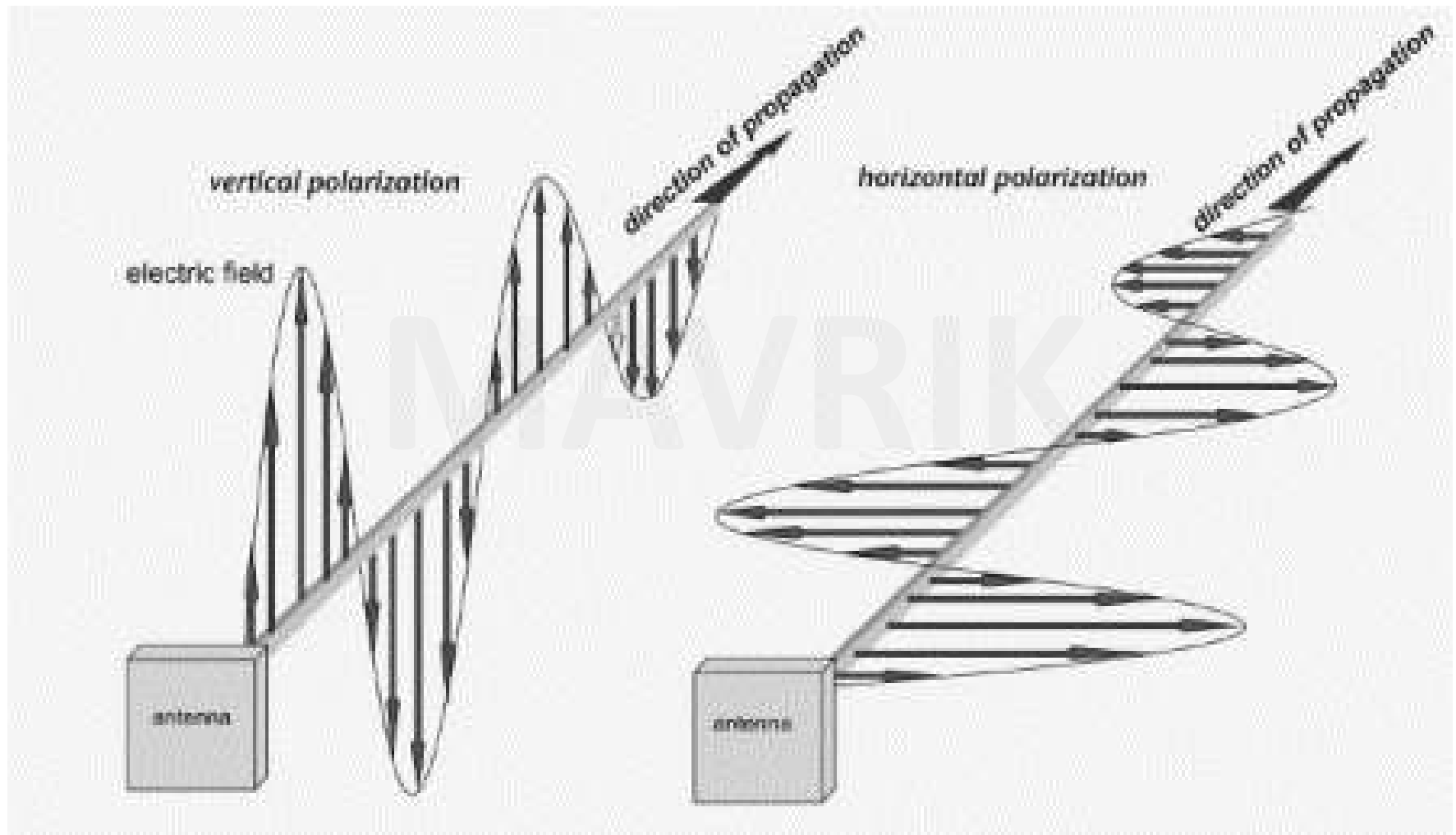
Wave Length and Frequency



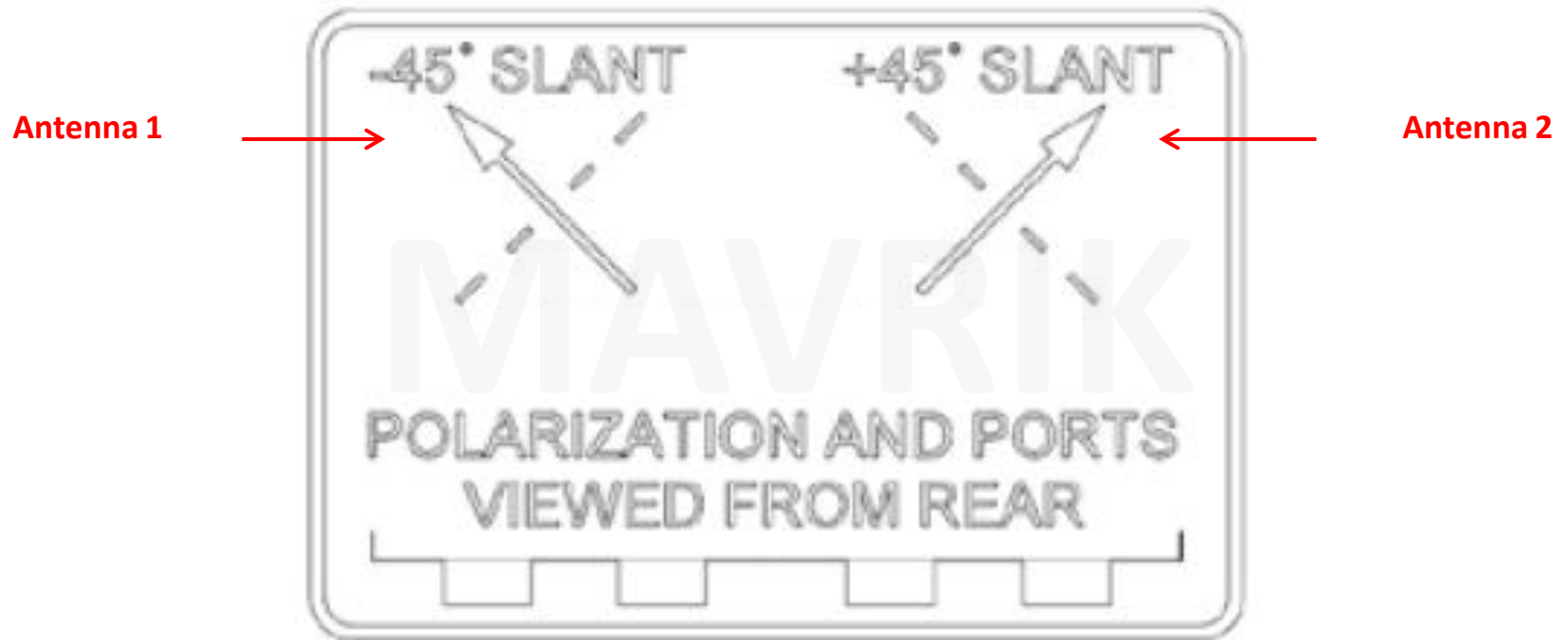
V / H Polarity



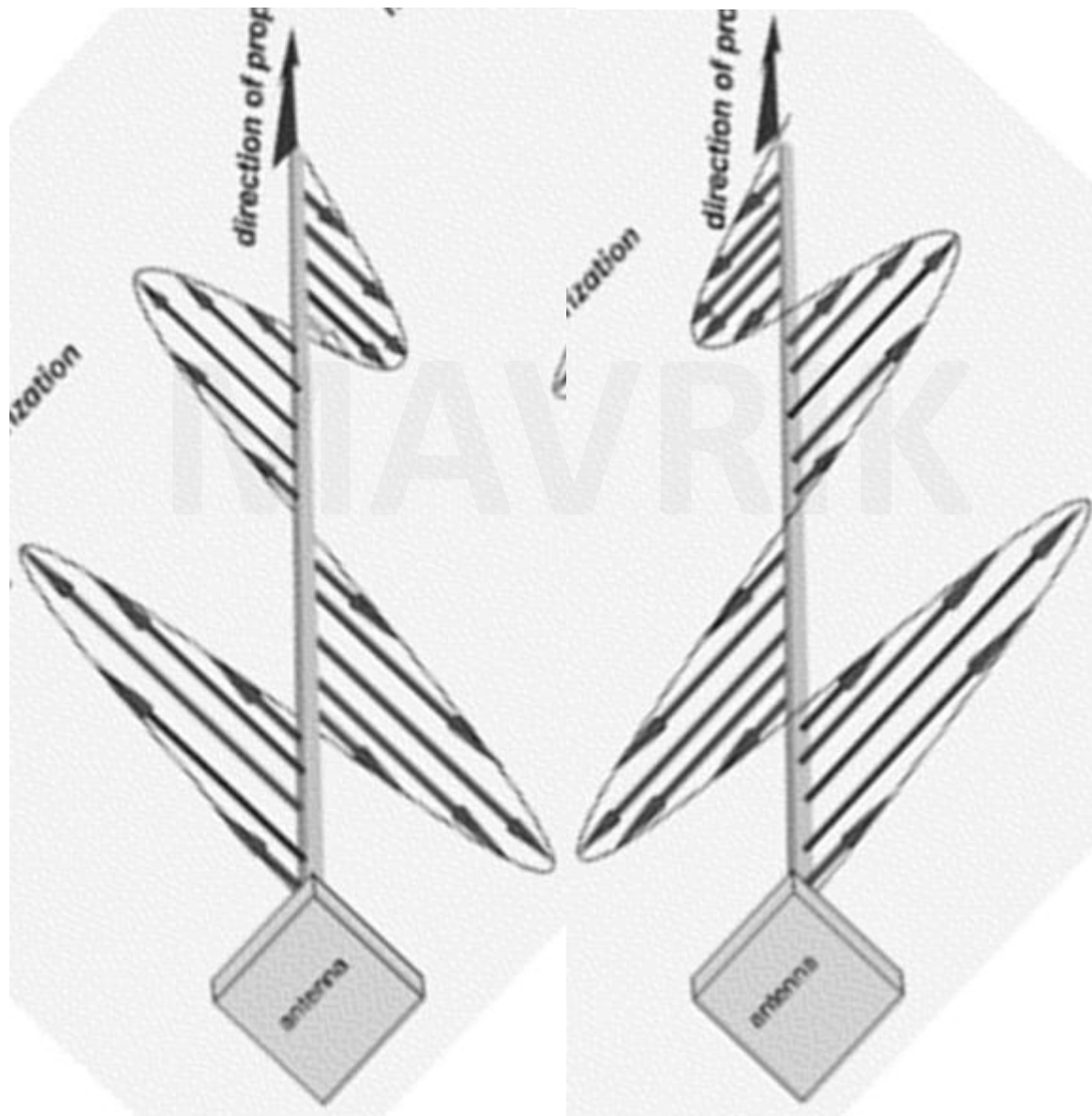
V / H Polarity



**X-Pol antenna
(+45° and -45° / 2x2 MIMO)**



X-POL Polarity

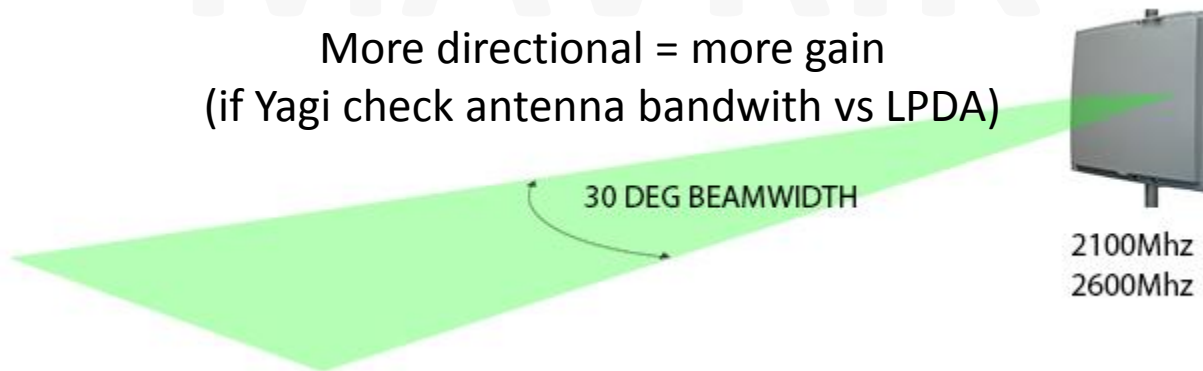


Antenna Beamwidth

(depending on H/V pattern specs)

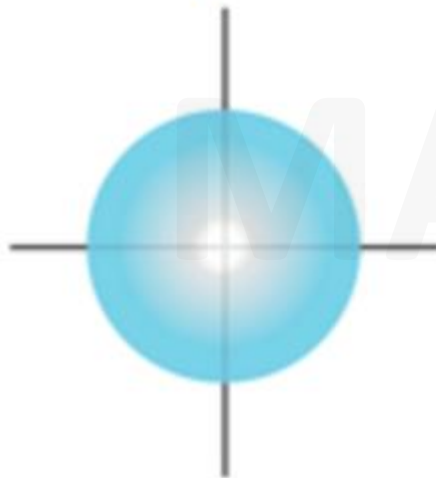


More directional = more gain
(if Yagi check antenna bandwidth vs LPDA)



Radiation Pattern

Omni-directional
dipole

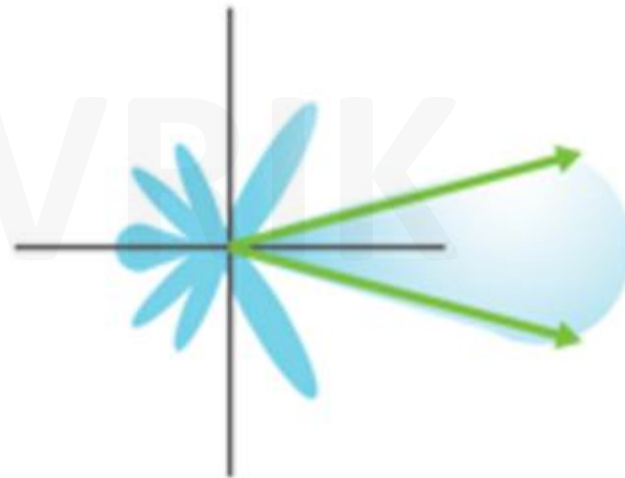


2.2dBi gain

Example: Light Bulb



High gain directional

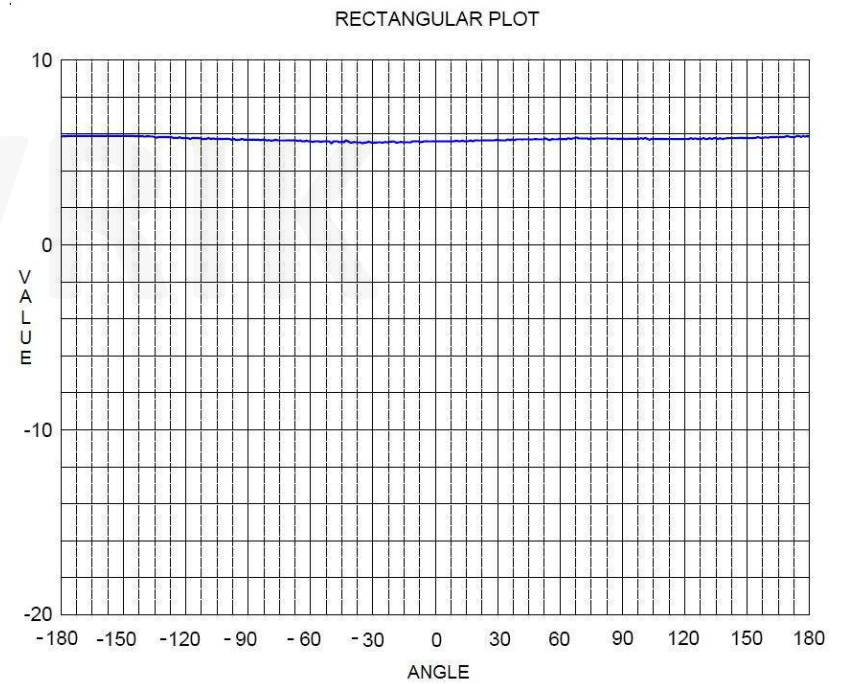
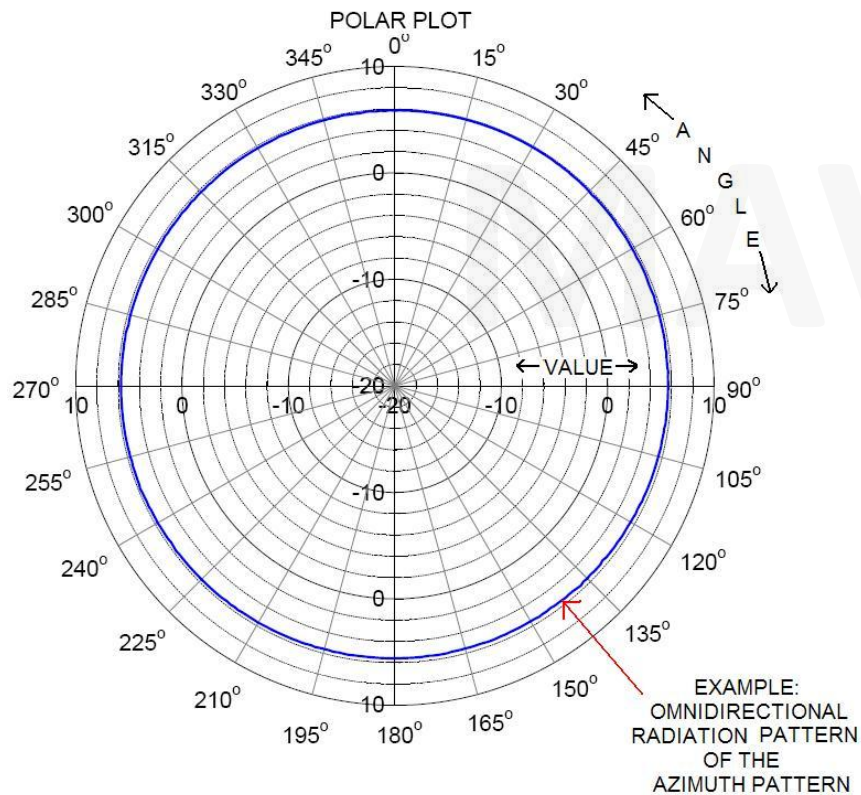


6dBi gain

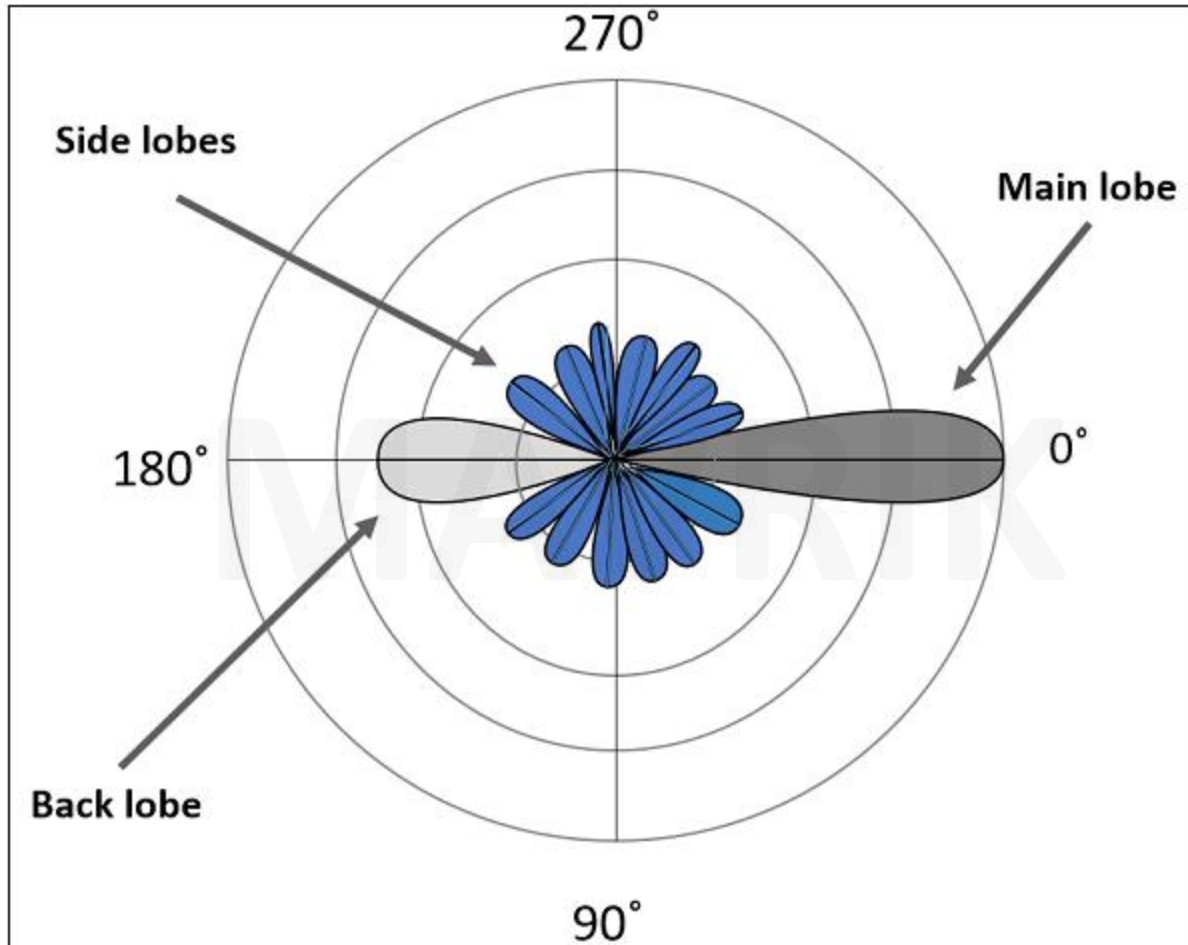
Example: Flashlight



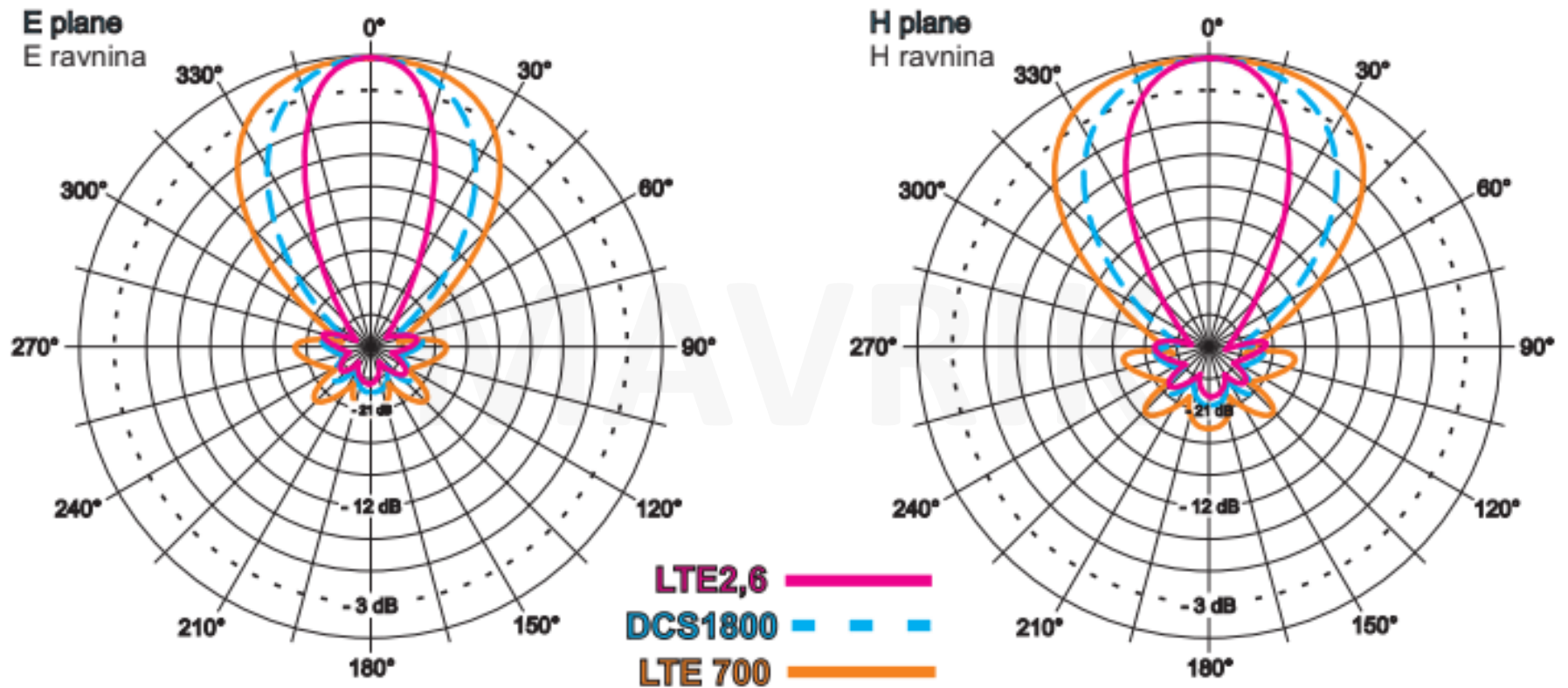
Pattern terminology



Directional Antenna Pattern

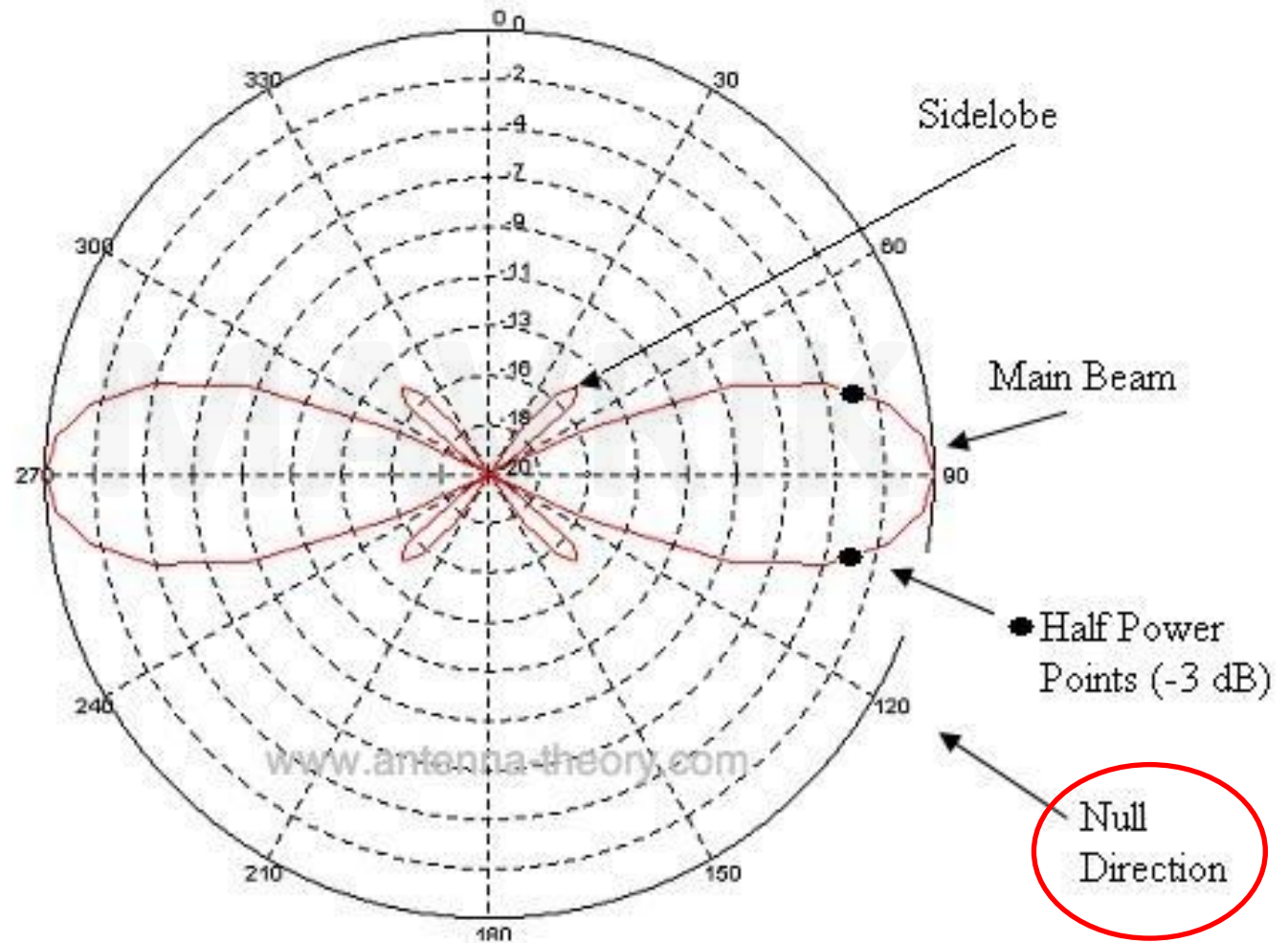


Radiation Pattern and Freq. Band

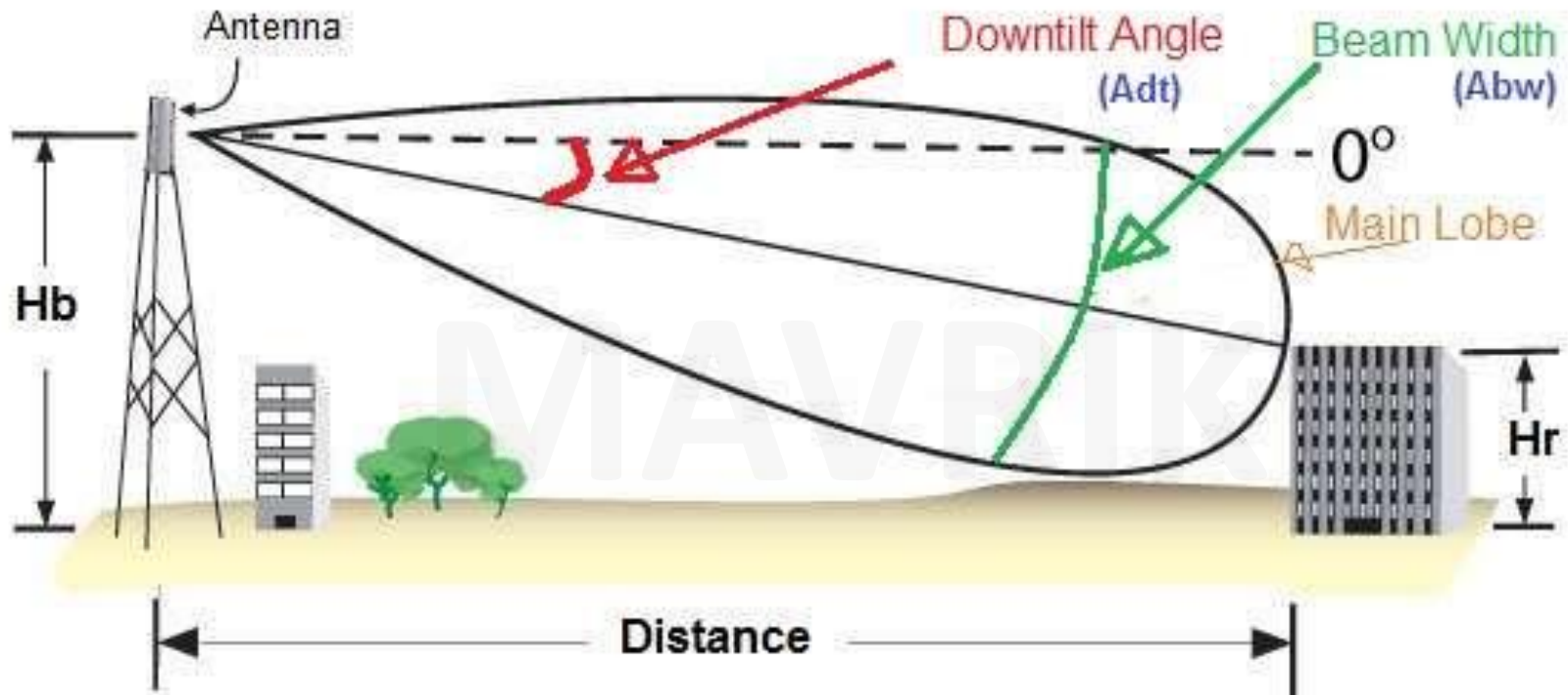


Radiation pattern Smerni diagram

Radiation Pattern



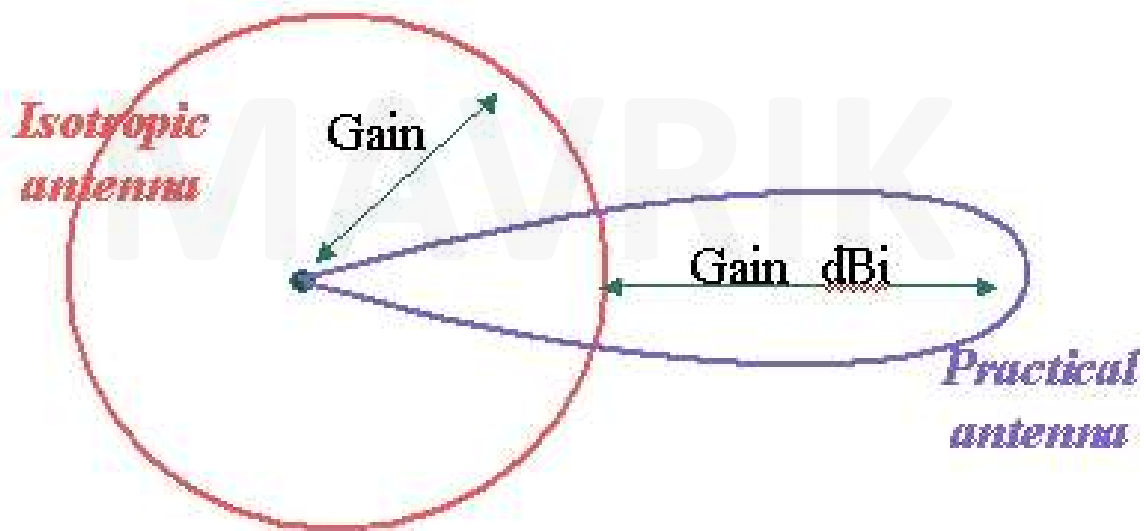
Antenna Downtilt



$$\text{Distance} = \frac{(Hb - Hr) / \tan(A)}{5280}$$

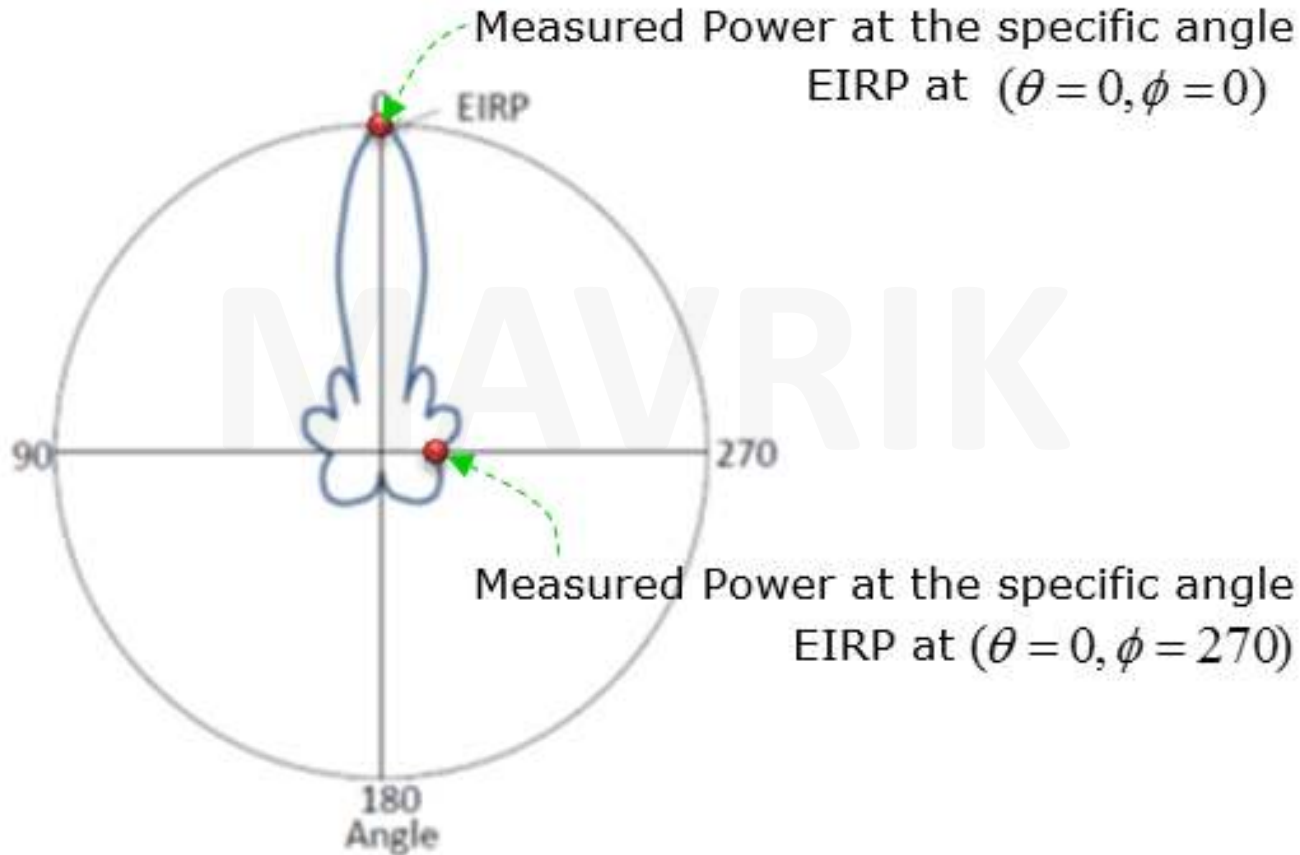
$$\text{Downtilt Angle (Adt)} = \tan^{-1} \left(\frac{Hb - Hr}{\text{Distance} \times 5280} \right)$$

dB Isotropic



EIRP

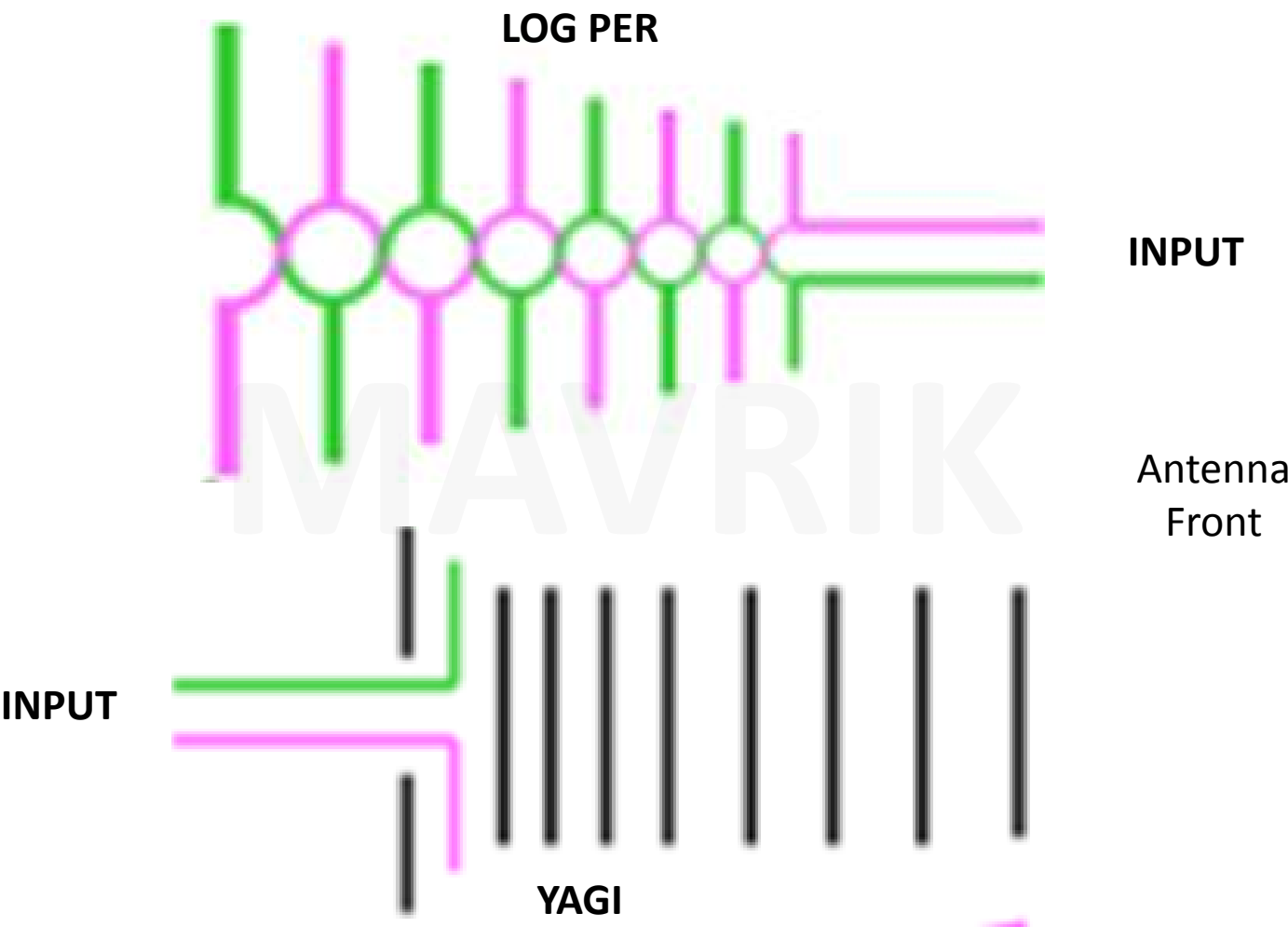
Effective Isotropic Radiated Power



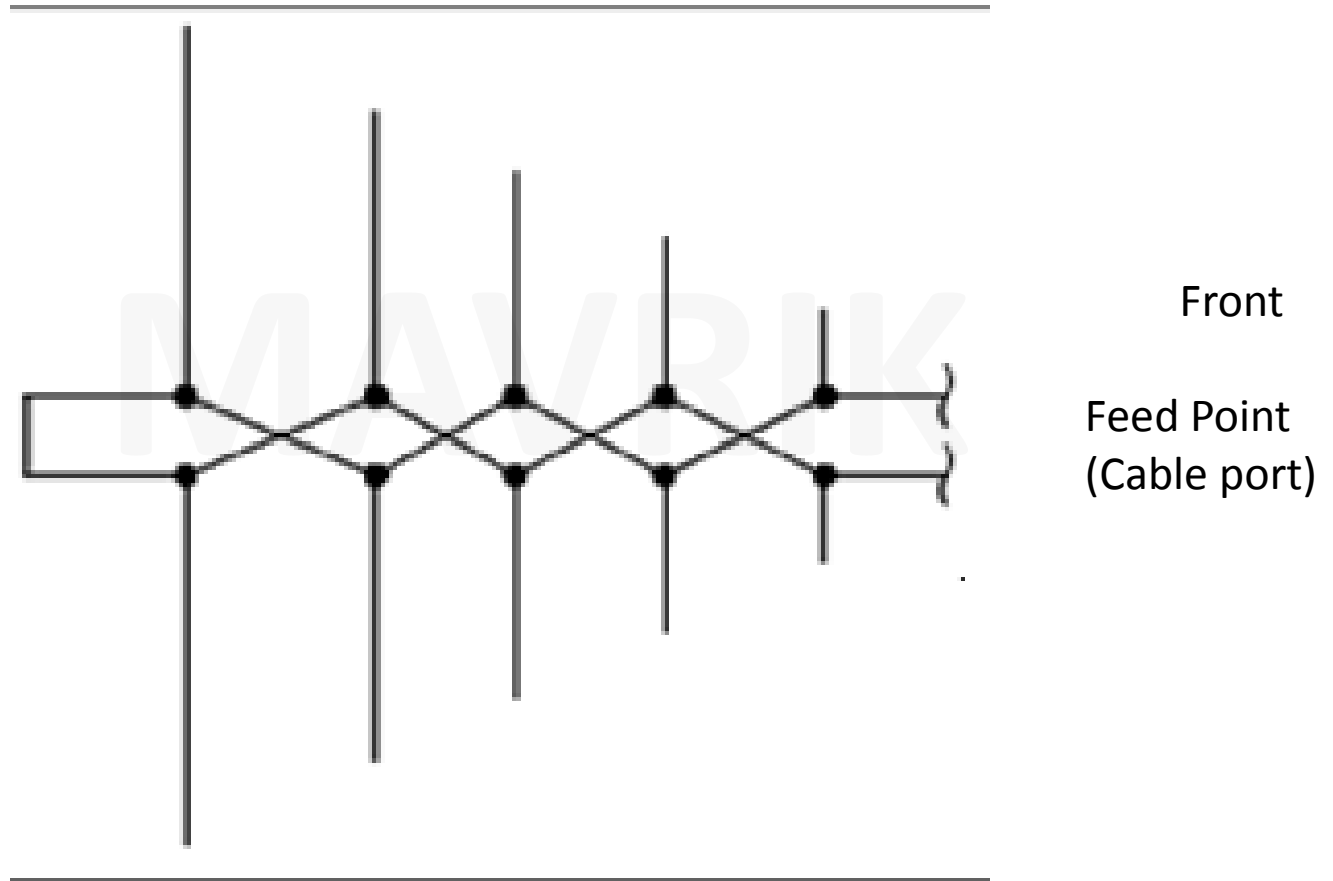
If the radiated power is calculated by taking half-wave dipole as the reference, rather than an isotropic antenna, then it can be termed as **ERP (Effective Radiated Power)**.

$$ERP(dBW) = EIRP(dBW) - 2.15dB_i$$

LPDA Design vs YAGI Design

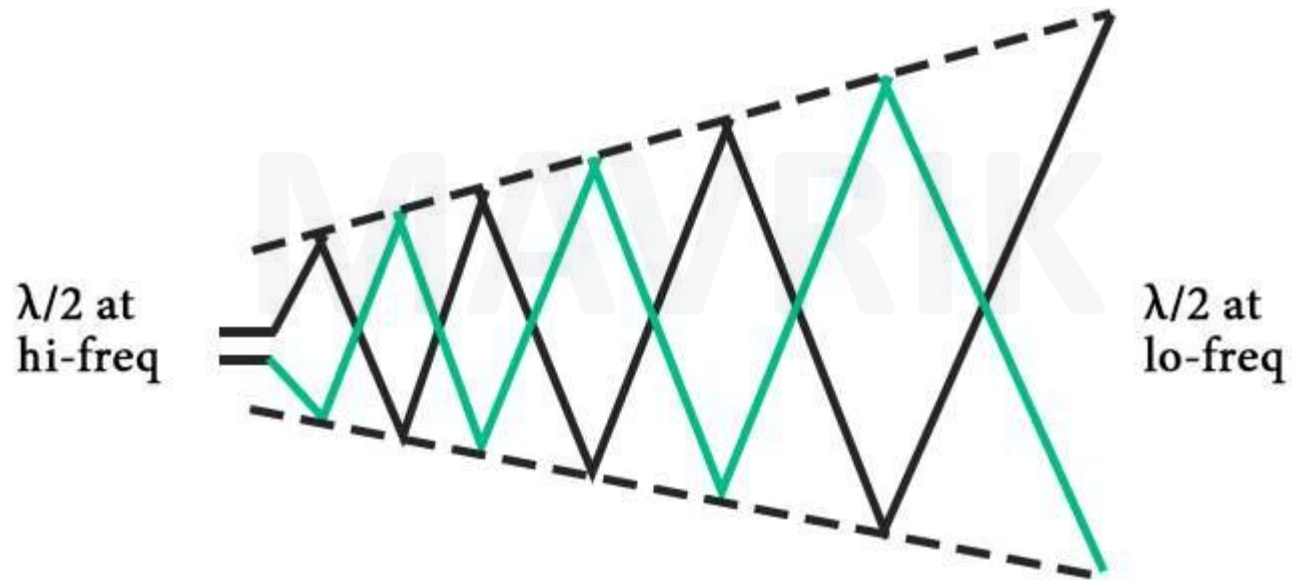


Log Periodic Dipole Antenna Design (LPDA)

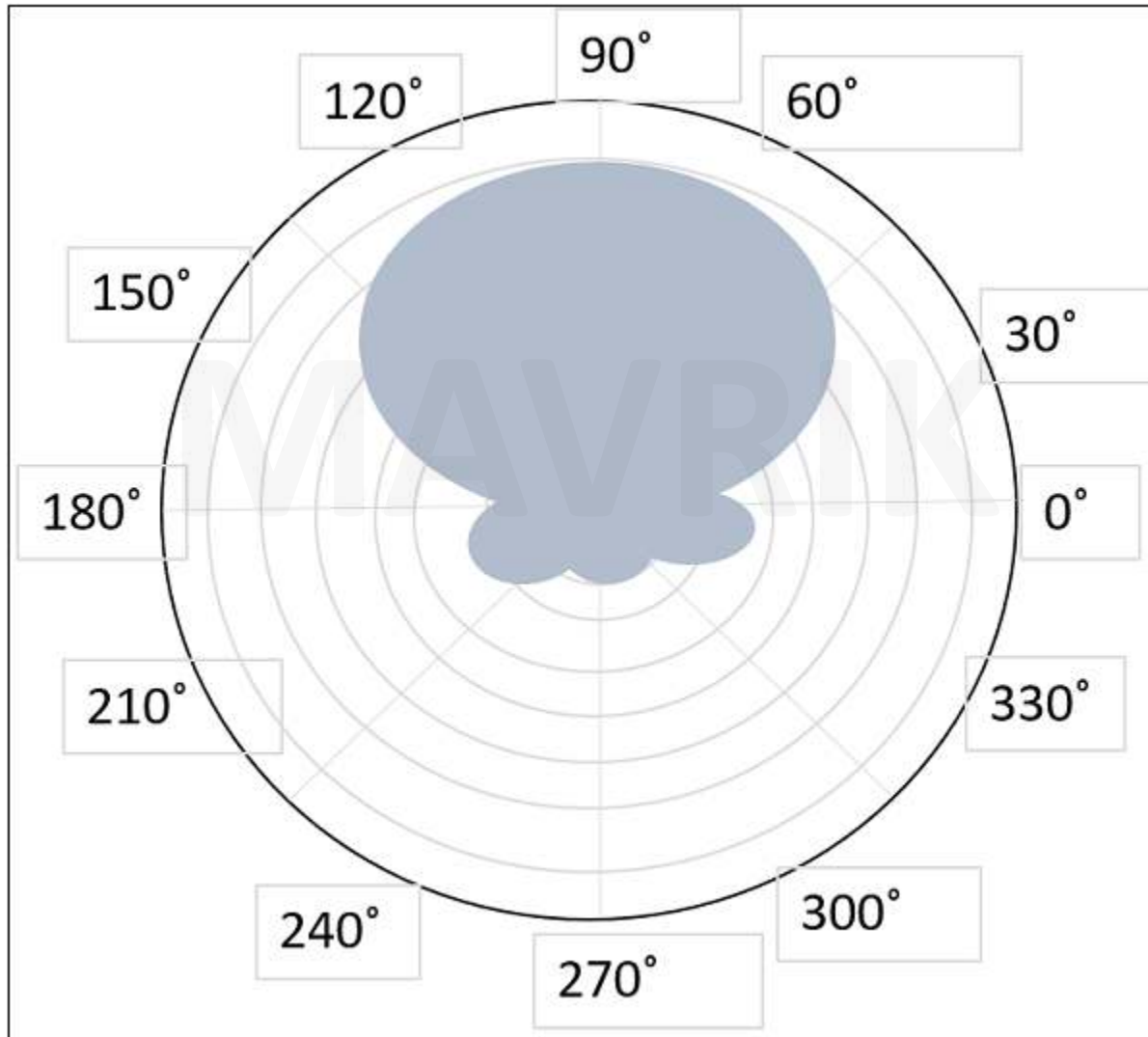


Log-Per Dipole Antenna Design (LPDA)

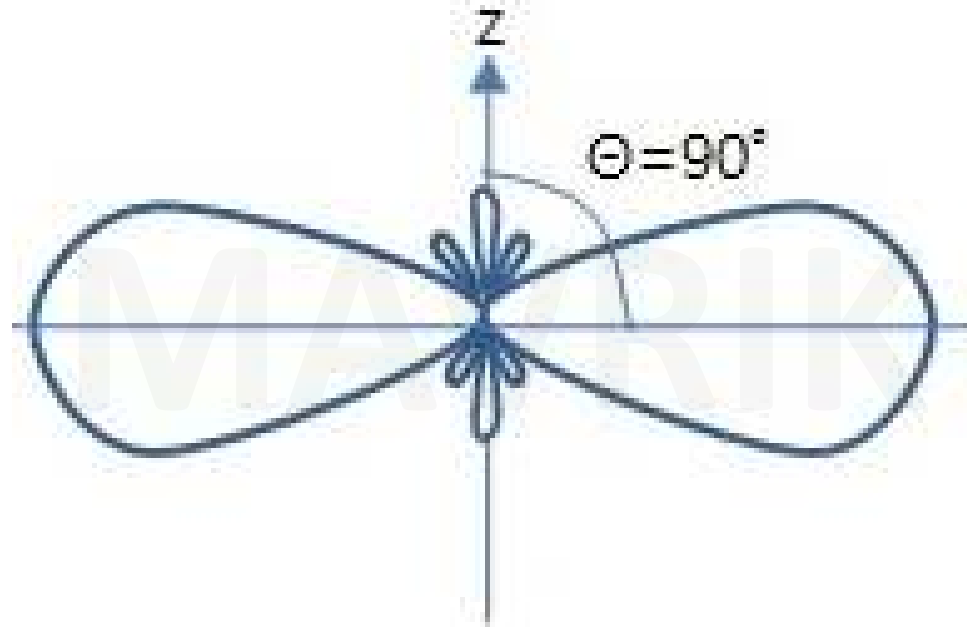
ZIG-ZAG LOG PERIODIC



Log-Per Dipole Antenna Pattern (azimuth beam) (LPDA)



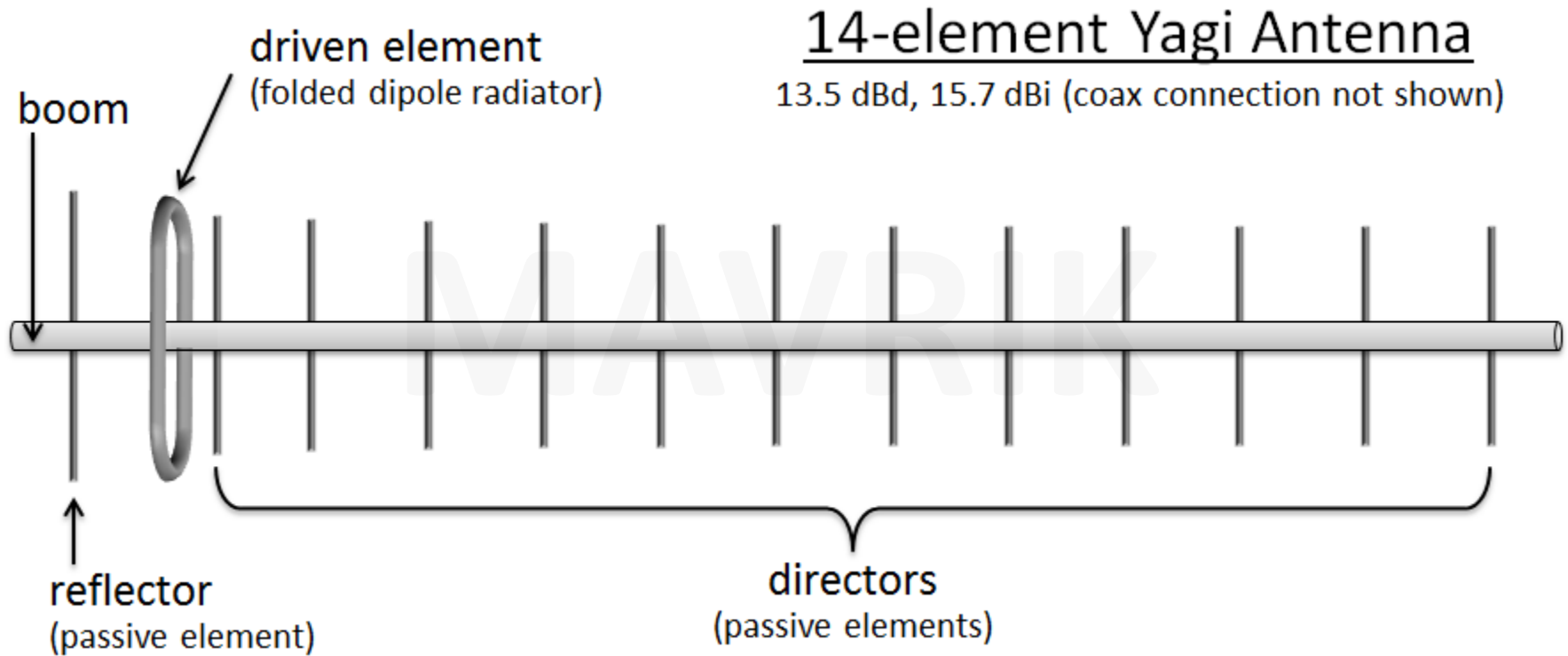
Log-Per Dipole Antenna Pattern (elevation beam Z)
(LPDA)



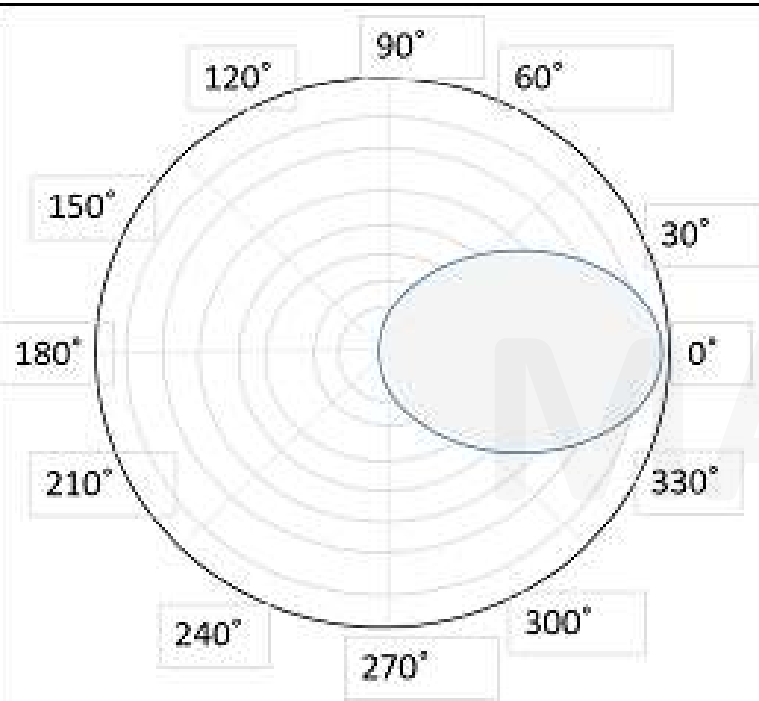
Yagi Antenna

(Not LPDA)

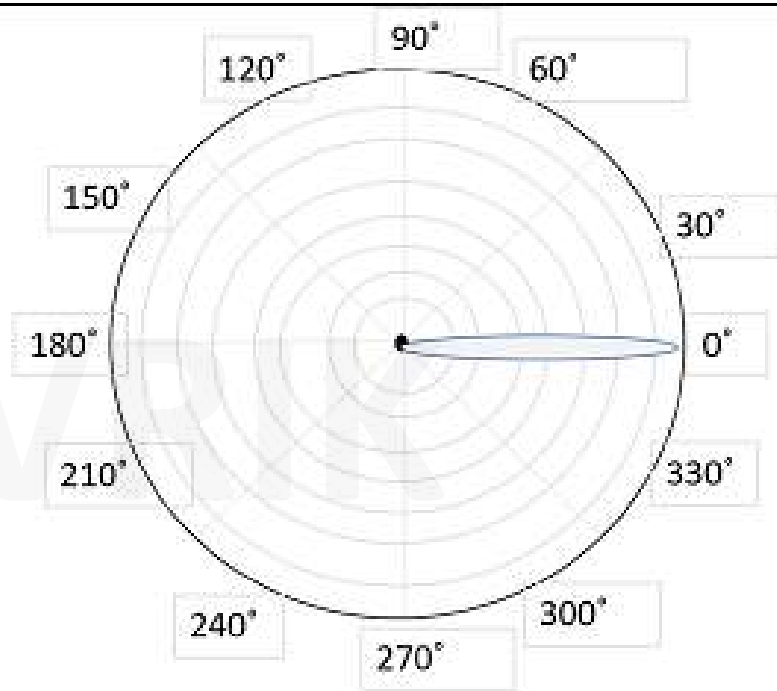
Name of the Japanese Designer



Yagi Antenna Pattern (Not LPDA)



Horizontal Pattern

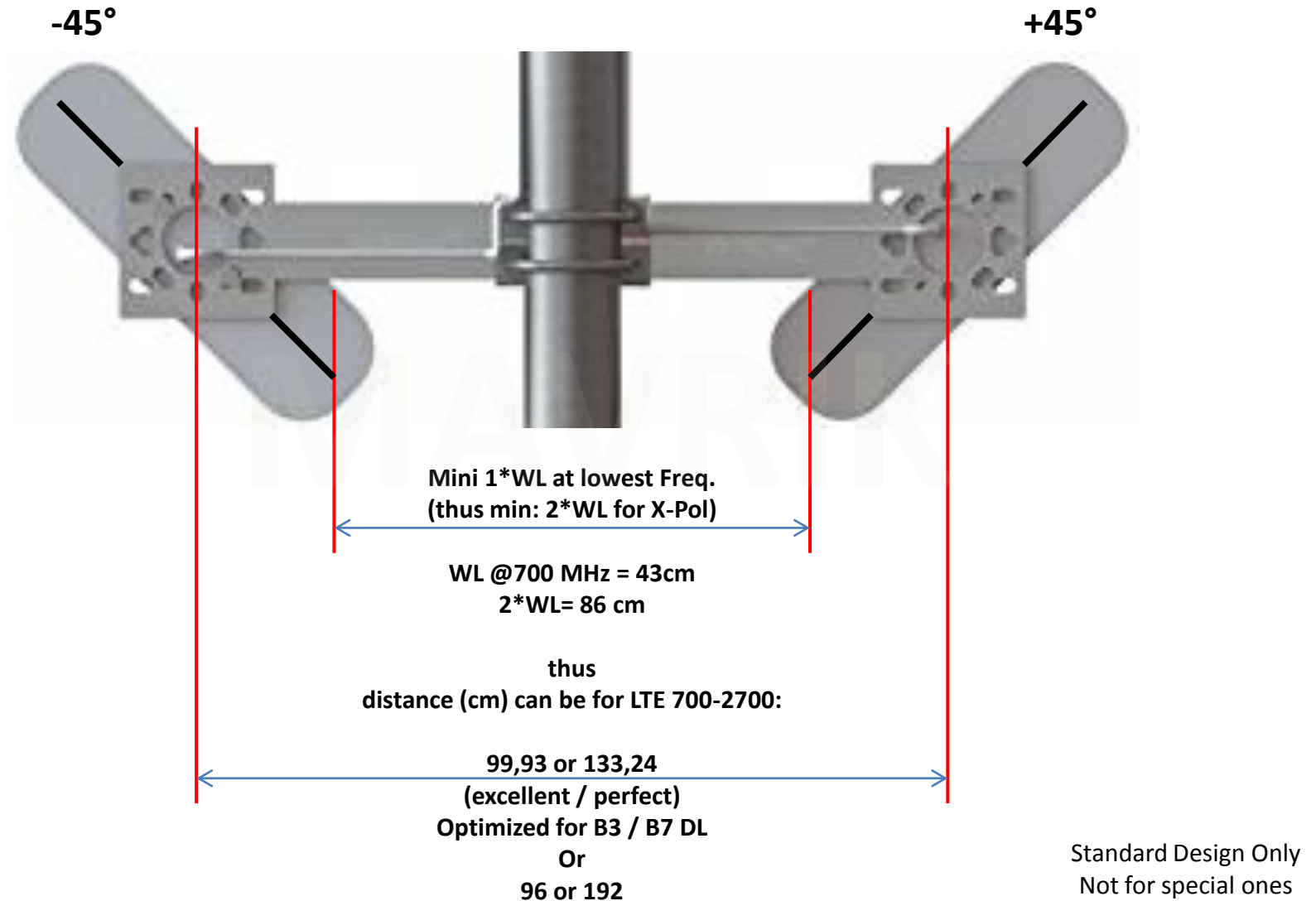


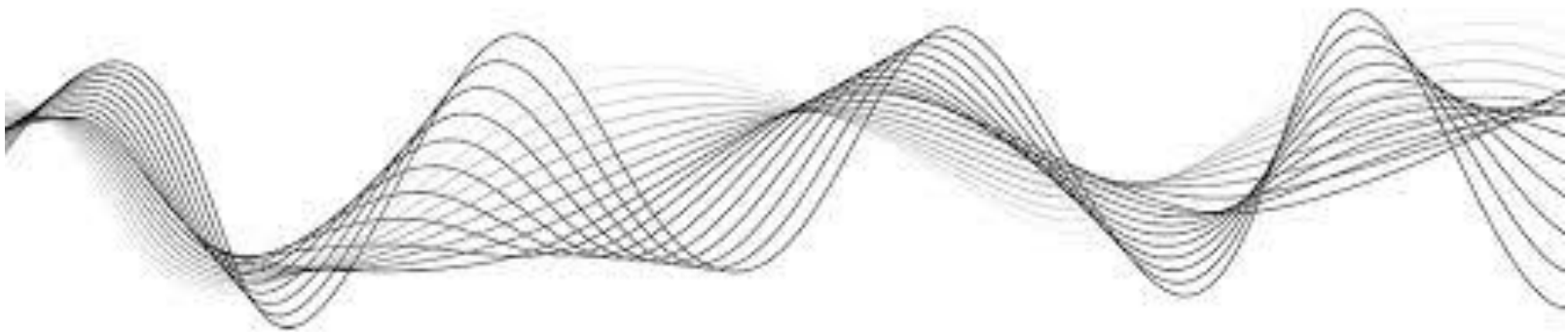
Vertical Pattern

LTE "2x2 MIMO" LPDA ANTENNA HOME SETUP

700 to 2700 MHz

(covering all spectrum freq.)





- La distance minimum entre deux antennes ne peut pas être inférieure à la longueur d'onde de la fréquence utilisée (sauf design spécial d'antennes).
- Pour des antennes "Multiband« type LPDA (Log Periodic Dipole Antenna) il faut donc prendre en considération la fréquence la plus basse utilisée cad la longueur d'onde la plus grande, soit 43cm en LTE en France (700MHz / B28 start band)
- Pour une meilleure isolation / réjection entre elles, un multiple supérieur est préférable (minimum 2x la longueur d'onde la plus basse, cad 86 cm en LTE).

Cette valeur n'est pas suffisante, la valeur doit être accordée sur toutes les bandes de fréquences utilisées de l'installation, cad un multiple parfait dans toutes les bandes, sinon il y a un problème de phase, group delay etc..

(sauf dans le cas d'une installation " diversity " puisque c'est un mode de switching d'antennes A ou B , cad **SIMO** - Single Input (TX) Multiple Output (RX),

- La distance minimum est $2 \cdot WL$ (longueur d'onde) de la fréquence la plus basse utilisée par le système car les fréquences supérieures ont une WL plus petite.
- La distance ne peut jamais être inférieure à $1 \cdot WL$ entre les deux extrémités les plus proches des antennes (en POL +45° / -45° par exemple), ni être des multiples non entiers (sauf cas de déphasage volontaire, ou pour des antennes dans différentes directions via coupleur etc..)
- La distance optimale est toujours supérieure à $2 \cdot WL$ la plus basse (isolation, VSWR..)

Explanation

(Optimized for B3 / B7 @ 20MHz BW DL)

Lower Freq. Band = easier propagation / large area beam

Higher Freq. Band = more directional beam / much more multipath effect / more attenuation.

	MHz	λ (cm)	Accord 2/4/6		Accord 3/6/9		Accord 4/8/12		Accord 3/6/8		Accord 6/12/16	
LTE B28-B20	700	42,83	1x λ @ 700 only		Excellent		Parfait					
10MHz DL	800	37,47			FR DL B3 / B7		FR DL B3 / B7					
758-821 MHz	831,5	36,05	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ
2G B8	900	33,31	33,31	2	33,31	3	33,31	4	32,00	3	32,00	6
	1000	29,98	66,62		99,93		133,24		96,00		192,00	
	1100	27,25	900,00		900,00		900,00		936,85		936,85	
	1200	24,98			(F1)				(F1)			
	1300	23,06										
	1400	21,41										
	1500	19,99										
LTE B3	1600	18,74										
20 or 15MHz DL	1700	17,63	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ
1805-1880 MHz	1800	16,66	16,66	4	16,66	6	16,66	8	16,00	6	16,00	12
	1940	15,45	66,62		99,93		133,24		96,00		192,00	
	1900	15,78	1800,00		1800,00		1800,00		1873,70		1873,70	
UMTS /LTE B1	2000	14,99			(2* F1)				(2* F1)			
20 or 15MHz DL	2100	14,28										
2110-2170 MHz	2200	13,63										
	2300	13,03										
	2400	12,49			(3* F1 or 1,5* F2)				(3* F1 or 1,5* F2)			
	2500	11,99	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ
LTE B7	2595	11,55	11,10	6	11,10	9	11,10	12	12,00	8	12,00	16
20 or 15MHz DL	2600	11,53	66,62		99,93		133,24		96,00		192,00	
2620-2690 MHz	2700	11,10	2700,00		2700,00		2700,00		2498,27		2498,27	

Explanation (Example of wrong settings)

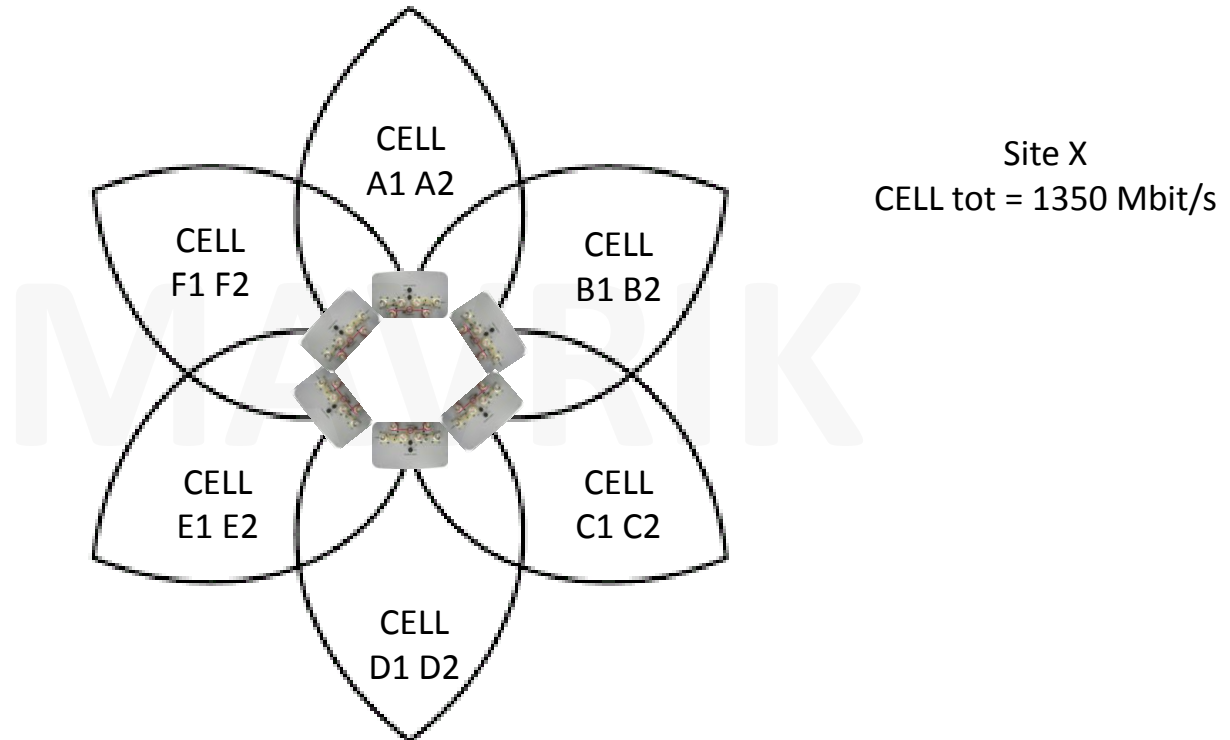
MHz	λ (cm)	Cas X		Cas 76 cm		Cas 81 (96/66)		96/2		Accord 1/2/3		Accord 2/4/6		Accord 1/2/3		Accord 2/4/6	
700	42,83	Mismatch		Mismatch		Mismatch		Mismatch		Mini 43cm en 700		1x λ @ 700 only		Mismatch		Mismatch	
800	37,47																
831,5	36,05	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ
900	33,31	32	4	38,00	2	40,5	2	32,00	1,5	33,31	1	33,31	2	32,00	1	32,00	2
1000	29,98	128		76		81		48		33,31		66,62		32,00		64,00	
1100	27,25	936,85		788,93		740,23		936,85		900,00		900,00		936,85		936,85	
1200	24,98																
1300	23,06																
1400	21,41																
1500	19,99																
1600	18,74																
1700	17,63	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ
1800	16,66	16	8	19	4	20,25	4	16	3	16,66	2	16,66	4	16,00	2	16,00	4
1940	15,45	128		76		81		48		33,31		66,62		32,00		64,00	
1900	15,78	1873,70		1577,86		1480,46		1873,70		1800,00		1800,00		1873,70		1873,70	
2000	14,99																
2100	14,28																
2200	13,63																
2300	13,03																
2400	12,49																
2500	11,99	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ	cm	λ
2595	11,55	12	10	12,67	6	10,125	8	12	4	11,10	3	11,10	6	12,00	3	12,00	6
2600	11,53	120		76		81		48		33,31		66,62		36,00		72,00	
2700	11,10	2498,27		2366,78		2960,91		2498,27		2700,00		2700,00		2498,27		2498,27	

Multi Cells Infrastructure (eNB / BSA)



Antennas of
1 band x9
=
9 cell ID
or more

Relais (eNB) / Cellules / BW / Débit

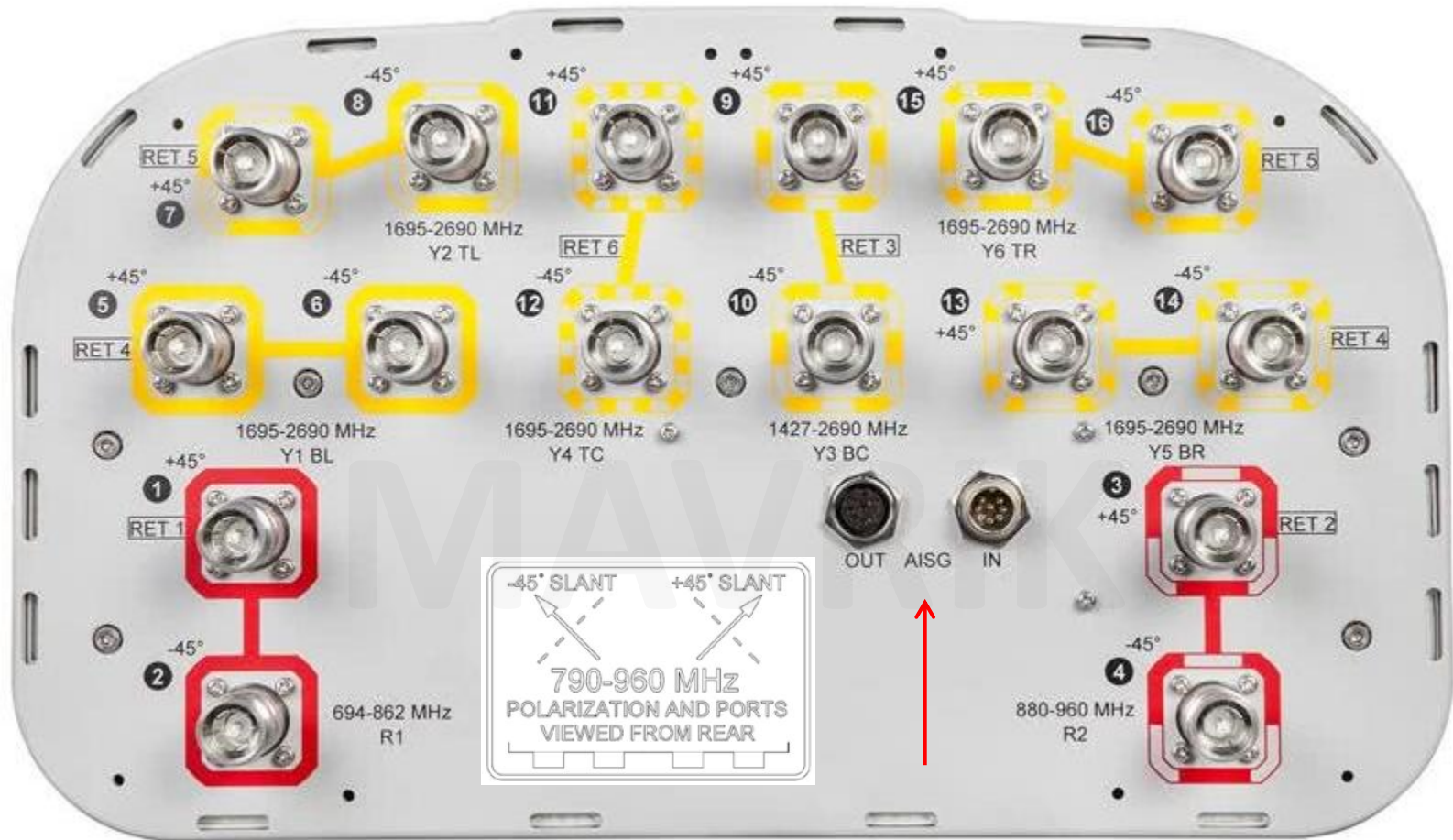


Si un opérateur a 20Mhz sur B7 + 10MHz sur B20 cad 30Mhz total utilisé sur ce site, alors avec 6*2 cellules la capacité totale en DL en Cat.6 est de $(150+75 \text{ Mbit/s}) * 6$ soit 1,35 Gbit/s disponible en LTE.

Généralement (et surtout en campagne) les sites sont raccordés entre eux par des faisceaux hertziens (FH) en cascade (vs fibre) et/ou en étoile sur un site central, qui peut être lui même en relai sur un autre (architecture réseau). On comprend alors très vite le problème de saturation de réseau !! car la FH est saturé. C'est pourquoi, le débit vendu n'est jamais garanti (pas réservé) mais du type "Best Effort" cad "au mieux du possible à l'instant T".

Les débits sont alors très variables pour les utilisateurs connectés et dépendent aussi des caractéristiques en temps réel de la qualité du lien radio (car les caractéristiques de transfert vont changer pour permettre d'avoir toujours de la connexion au détriment du débit, cad vers une modulation moins optimisée mais plus "solide", le débit chute.

Base Station (eNB) MIMO Sector Antenna - 16 Ports (multiband / multicell)



Yn: Port Number

TL: Top Left

TC: Top Center

TR: Top Right

BL: Bottom Left

BC: Bottom Center

BR: Bottom Right

AISG Ports for RET via ACU (Antenna Control Unit)
(Remote Electrical Tilt for Dynamic Phasing)

(+45 and -45) in the case of X-Pol antennas.

SISO

Single Input (TX) to Single Output (RX)
(Standard link design)

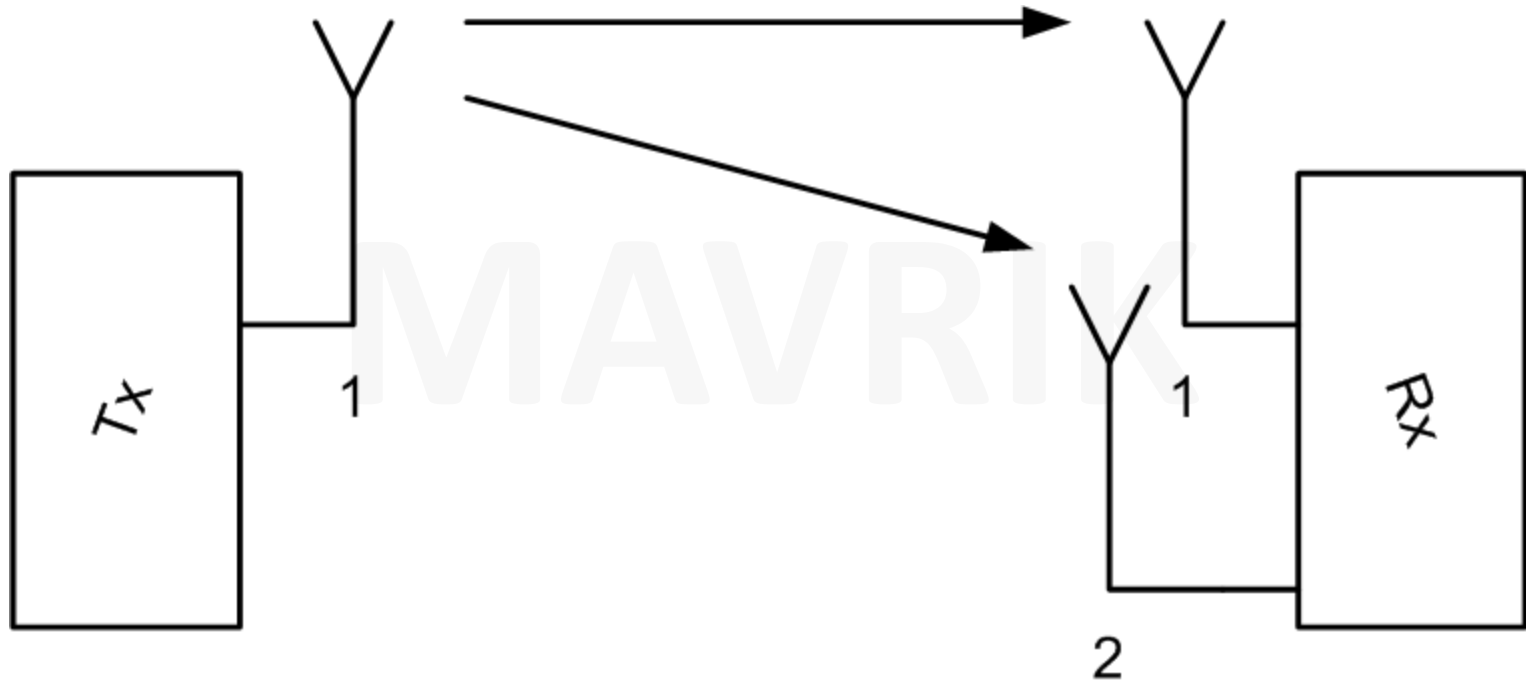


BSA
Base Station

UE
User Equipment

DIVERSITY

(RX Switching vs MiMo)

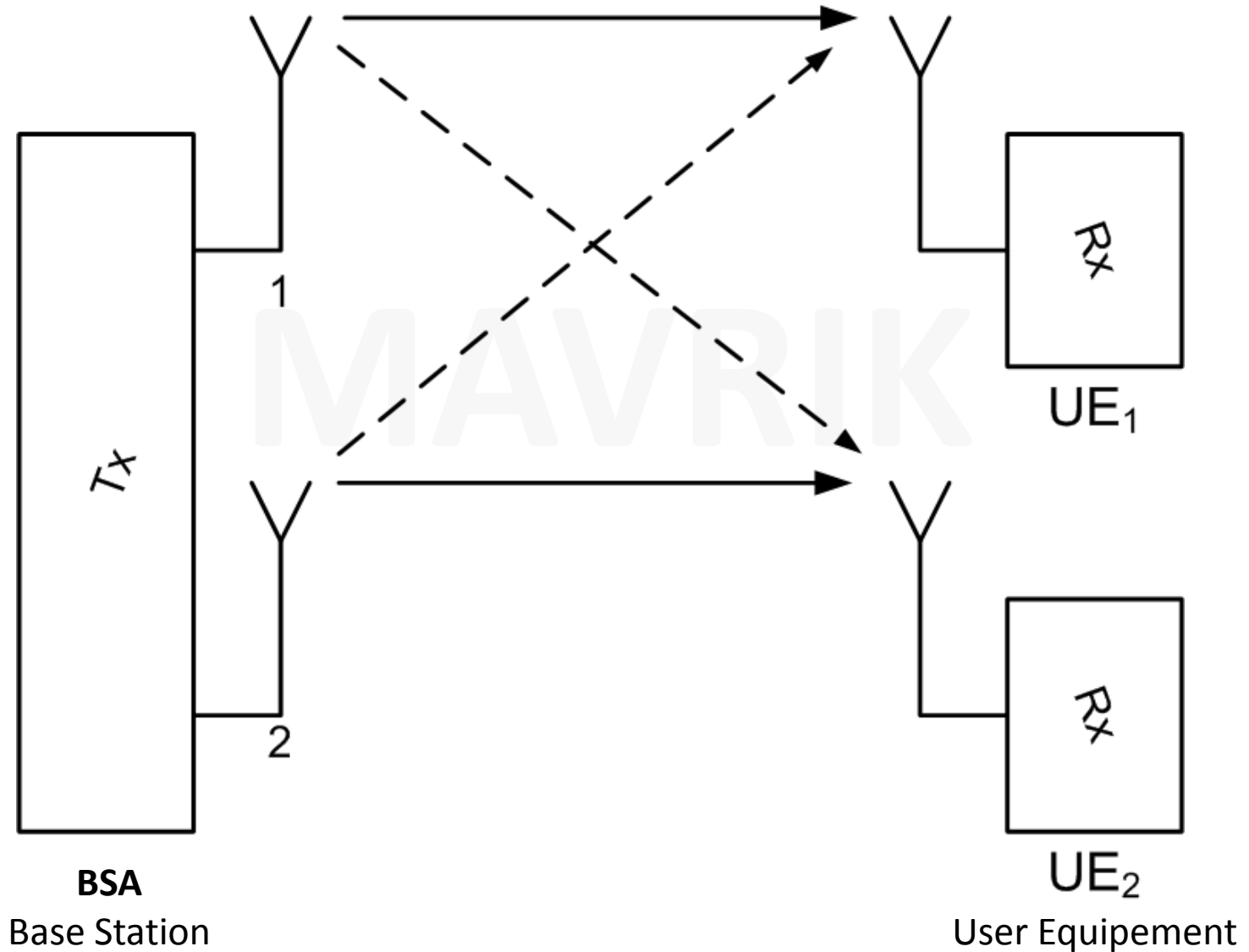


BSA
Base Station

UE
User Equipment

2x2 MIMO

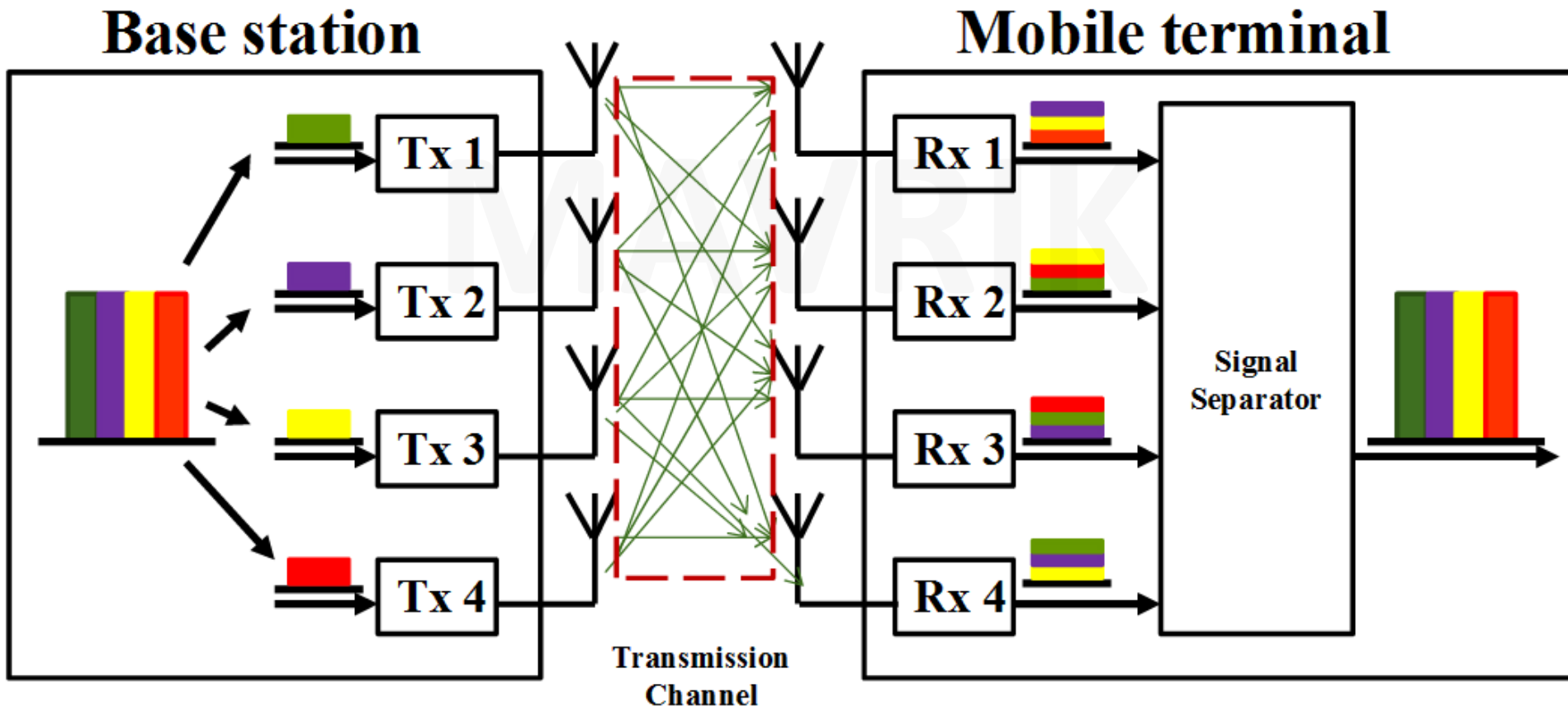
Multiple Input (TX) to Multiple Output (RX)



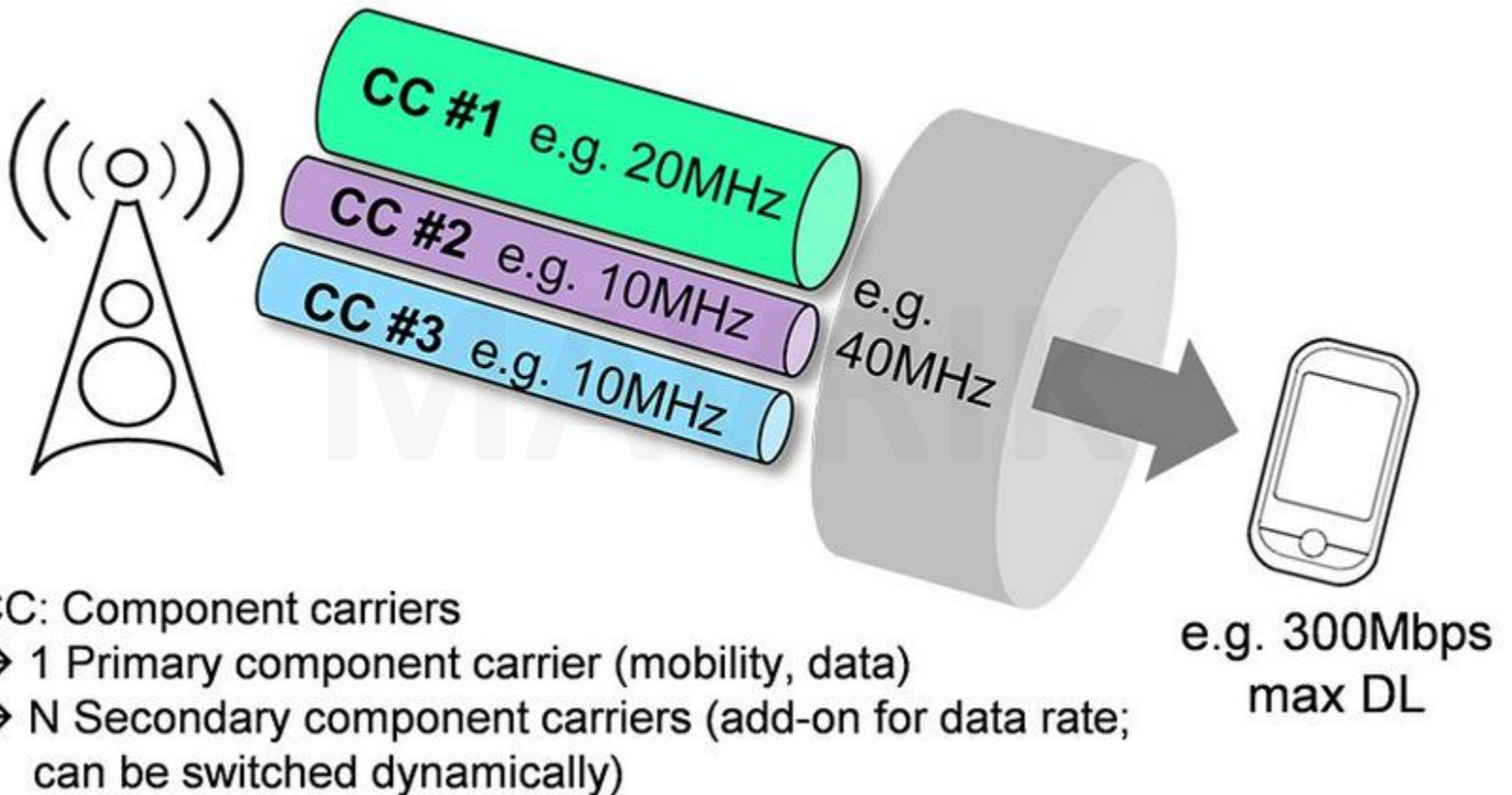
4x4 MIMO

Multiple Input (TX) to Multiple Output (RX)

MIMO technologies have been widely used in LTE to improve downlink peak rate, cell coverage, as well as average cell throughput

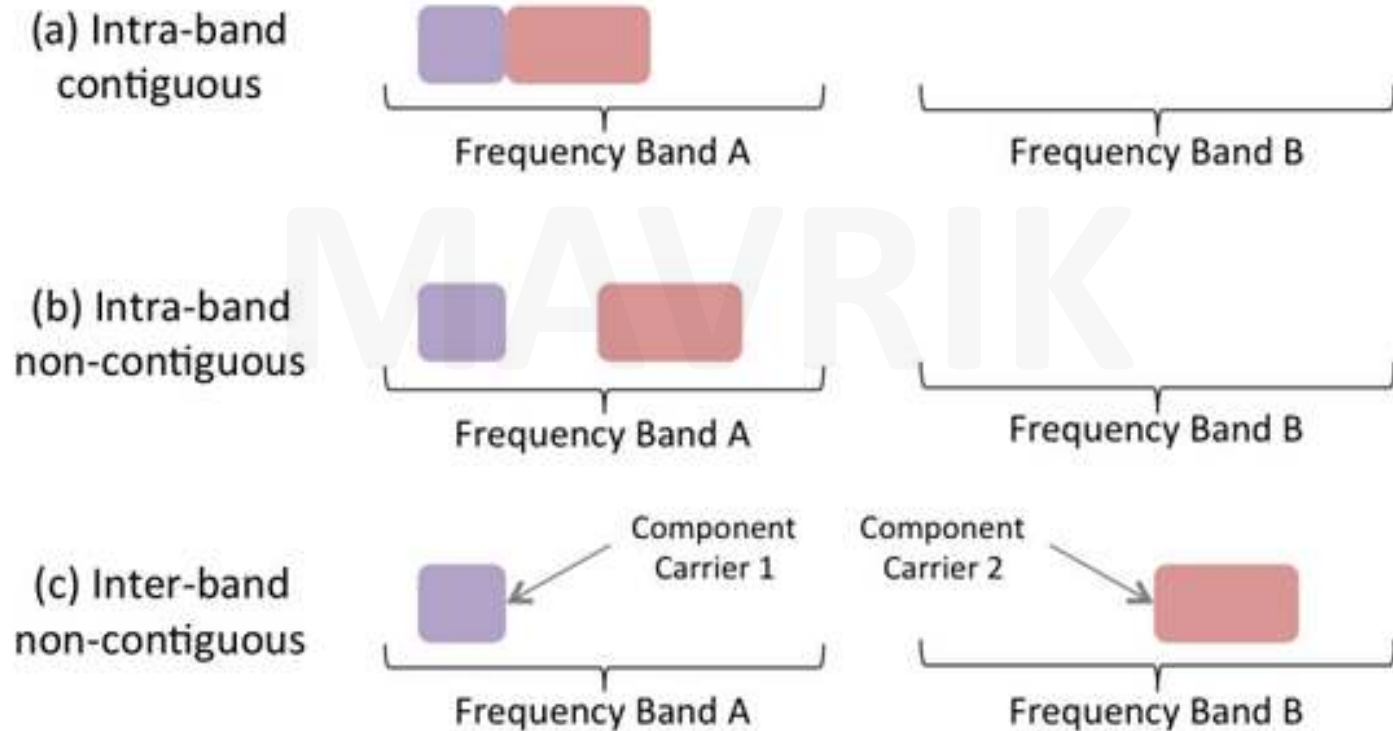


Carrier Aggregation (CA)



Carrier Aggregation (CA)

LTE Carrier Aggregation Examples

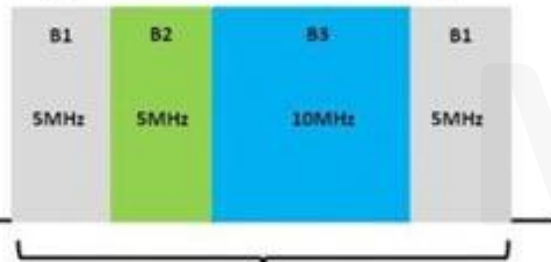


Carrier Aggregation (CA)

Scenario 1: Intra-band CA

No CA: 37 Mb/s

With CA: 75 Mb/s



LTE Band A

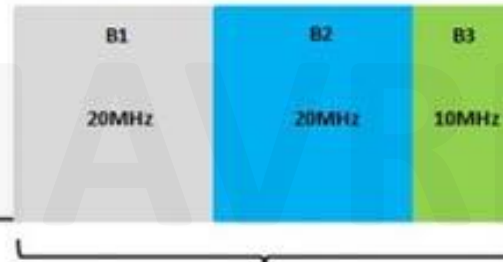
	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	20 MHz
No CA	10.6	22.6	37.7	75.4	150.8

LTE Cat. 4 (no CA) data rate capability (Mb/s)

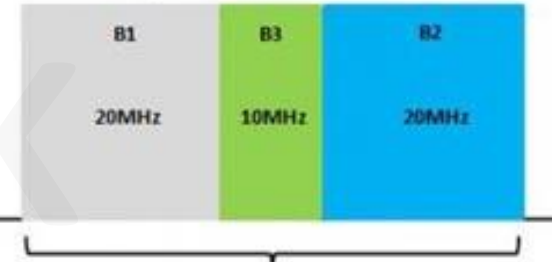
Scenario 2: Inter-band CA

With CA: 300 Mb/s

No CA: 150 Mb/s



LTE Band A



LTE Band B

	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	20 MHz
No CA	10.6	22.6	37.7	75.4	150.8
1.4 MHz	21.2	33.2	48.3	86.0	161.4
3 MHz	33.2	45.2	60.3	98.0	173.4
5 MHz	48.3	60.3	75.4	113.1	188.5
10 MHz	86.0	98.0	113.1	150.8	226.2
20 MHz	161.4	173.4	188.5	226.2	301.6

LTE Cat. 6 (with CA) data rate capability (Mb/s)

Maximum "4G" DL Data Rate (simplified)

From 100 Mbit/s
depending on CQI
(@20MHz BW)

1 Carrier Cat.4 limit

2CA Cat.6 limit

3CA Cat.9 limit

FDD 64 QAM Data Rate			
BW	2*2 MIMO	4*4 MIMO	8*8 MIMO
5	37,5	75	150
10	75	150	300
15	112,5	225	450
20	150	300	600
25	187,5	375	750
30	225	450	900
35	262,5	525	1050
40	300	600	1200
45	337,5	675	1350
50	375	750	1500
55	412,5	825	1650
60	450	900	1800
65	487,5	975	1950
70	525	1050	2100
75	562,5	1125	2250
80	600	1200	2400
85	637,5	1275	2550
90	675	1350	2700
95	712,5	1425	2850
100	750	1500	3000
MHz	Mbit/s	Mbit/s	Mbit/s

FDD 256 QAM Data Rate			
BW	2*2 MIMO	4*4 MIMO	8*8 MIMO
5	48,75	98	195
10	97,5	195	390
15	146,25	293	585
20	195,0	390	780
25	243,75	488	975
30	292,5	585	1170
35	341,25	683	1365
40	390,0	780	1560
45	438,75	878	1755
50	487,5	975	1950
55	536,25	1073	2145
60	585,0	1170	2340
65	633,75	1268	2535
70	682,5	1365	2730
75	731,25	1463	2925
80	780,0	1560	3120
85	828,75	1658	3315
90	877,5	1755	3510
95	926,25	1853	3705
100	975,0	1950	3900
MHz	Mbit/s	Mbit/s	Mbit/s

+50% BW Efficiency from 16 QAM

+30% BW Efficiency

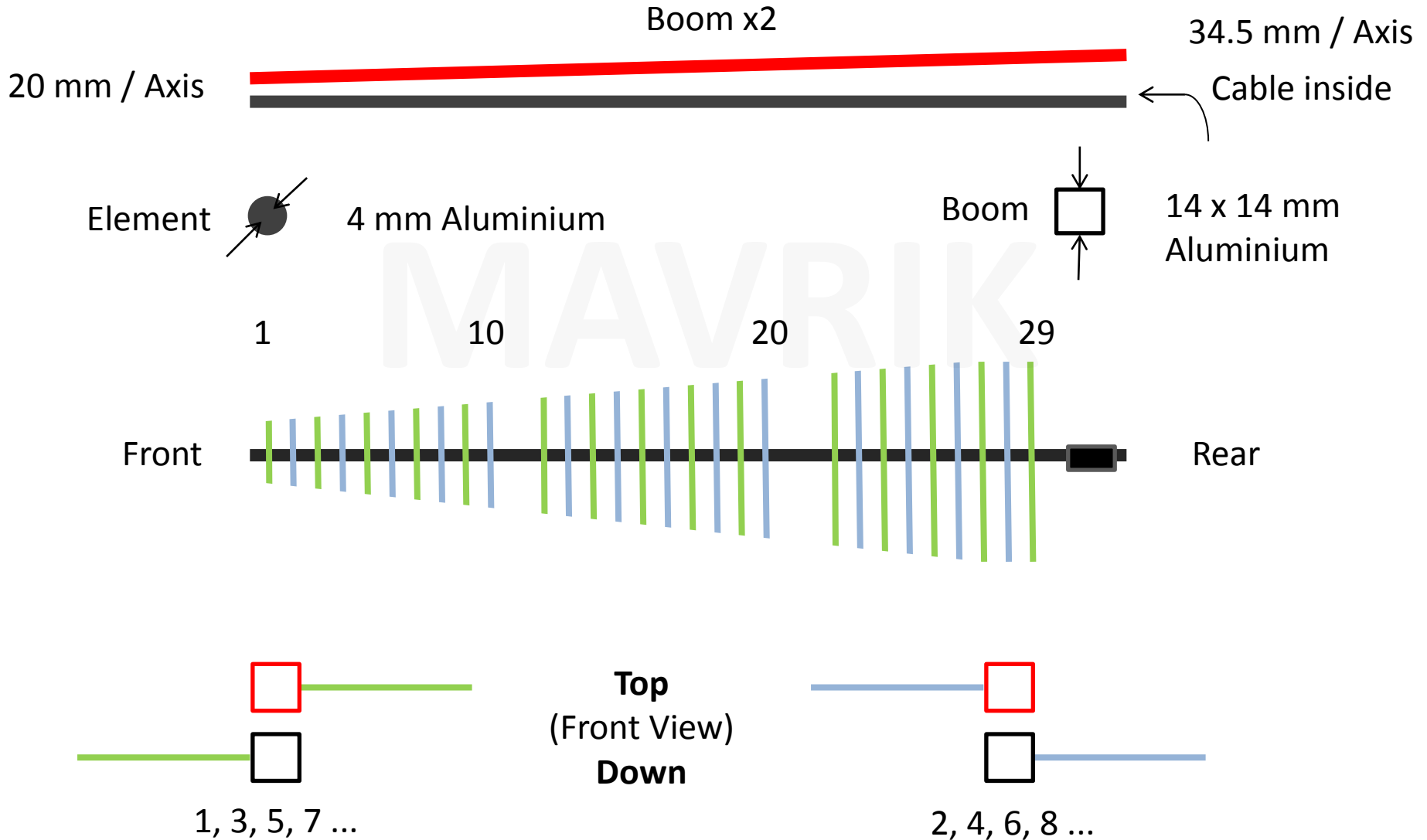


DO IT YOURSELF

LPDA 58 Elements 700 - 2700 MHz Antenna

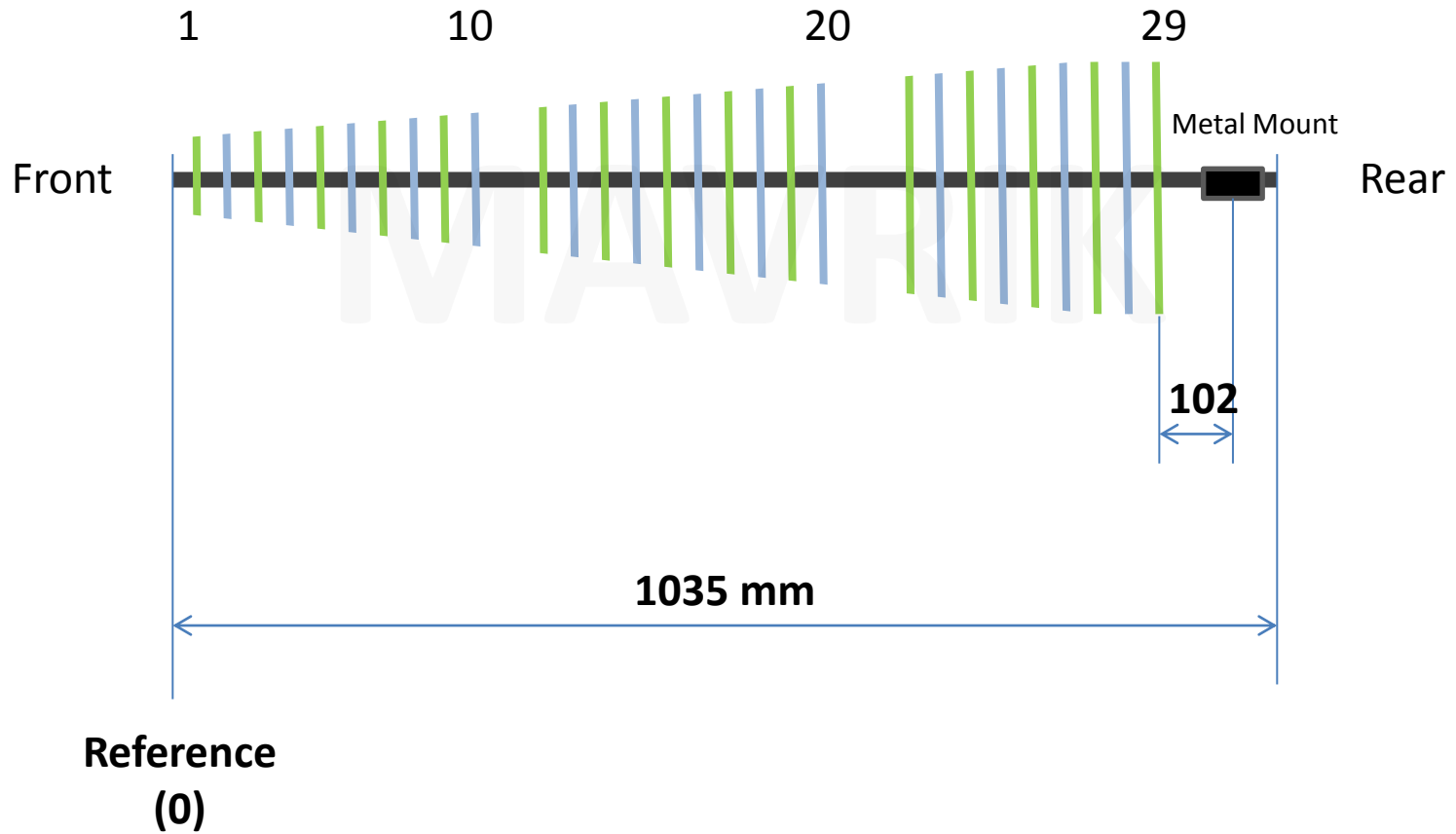
DIY LPDA 58 Elements 700 - 2700 MHz Antenna

1/6



DIY LPDA 58 Elements 700 - 2700 MHz Antenna

2/6

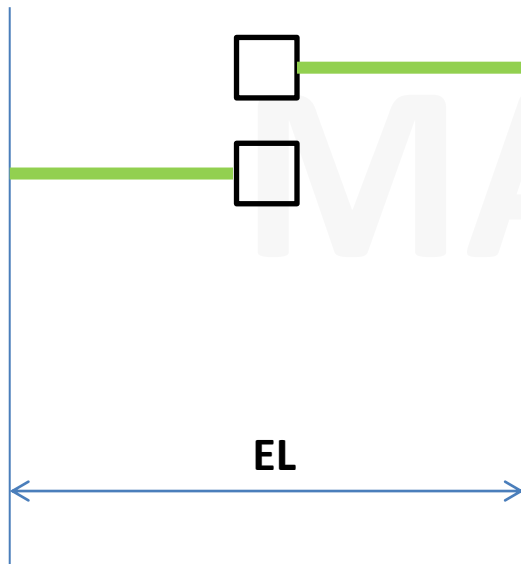


DIY LPDA 58 Elements 700 - 2700 MHz Antenna

3/6

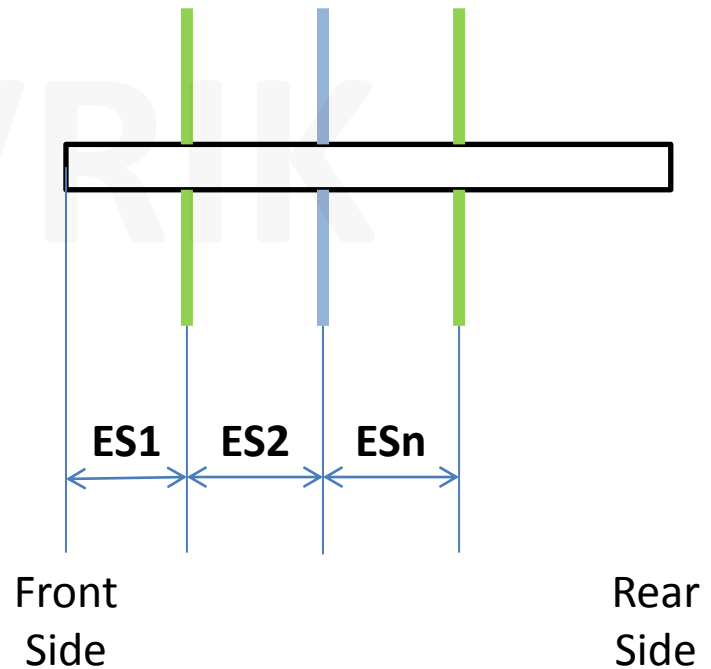
Element Length

Front View



Element Spacing (Axe to Axe)

Top View



DIY LPDA 58 Elements 700 - 2700 MHz Antenna

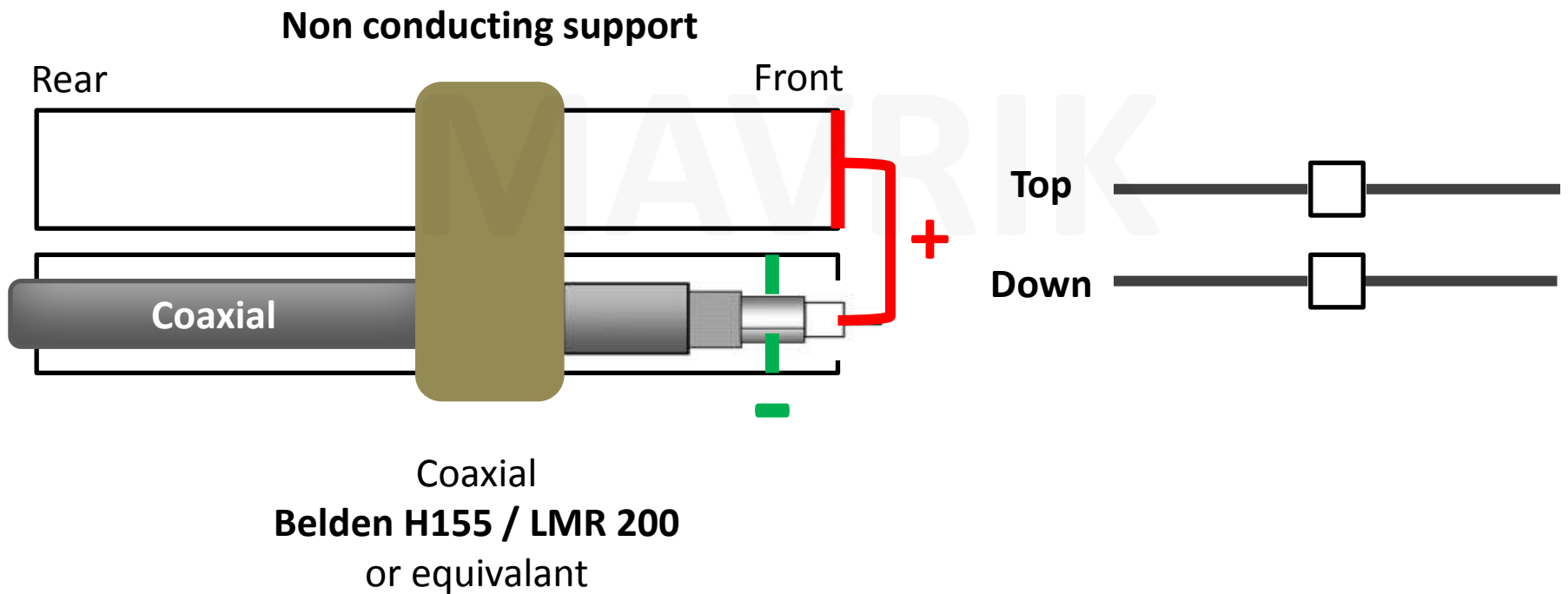
4/6

#	EL (mm)	ES (mm)	#	EL (mm)	ES (mm)
1	44	23	17	101.5	29
2	45	10	18	107.5	29
3	49	11	19	114.5	35
4	50	12	20	122.5	37
5	53.5	12,5	21	129	42
6	54.5	13,5	22	138	40
7	59.5	14	23	146	44
8	61	16,5	24	158	47
9	65	17	25	168	52
10	67.5	17,5	26	178	56
11	73	19	27	194	61
12	75	21	28	205	63
13	80	22	29	215	67
14	84	20		to other end	150
15	90	26			
16	95	28		Total	1035

DIY LPDA 58 Elements 700 - 2700 MHz Antenna

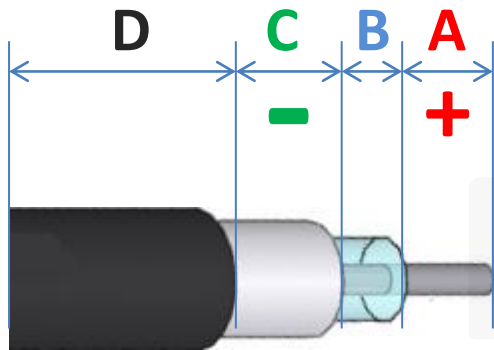
5/6

COAX Connection

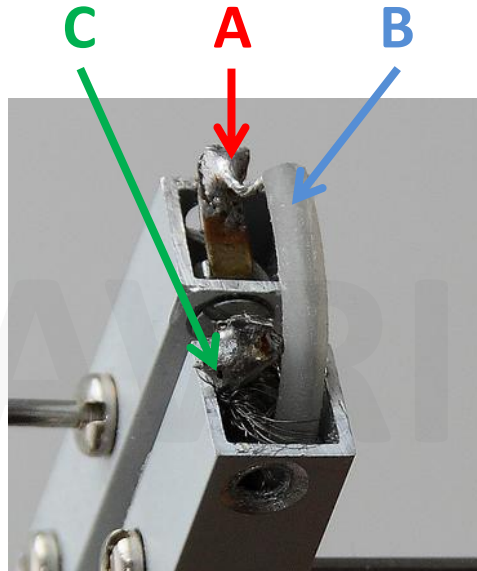


DIY LPDA 58 Elements 700 - 2700 MHz Antenna

6/6



Coaxial
Belden H155 / LMR 200
or equivalent



Coaxial
Connection
Front Side

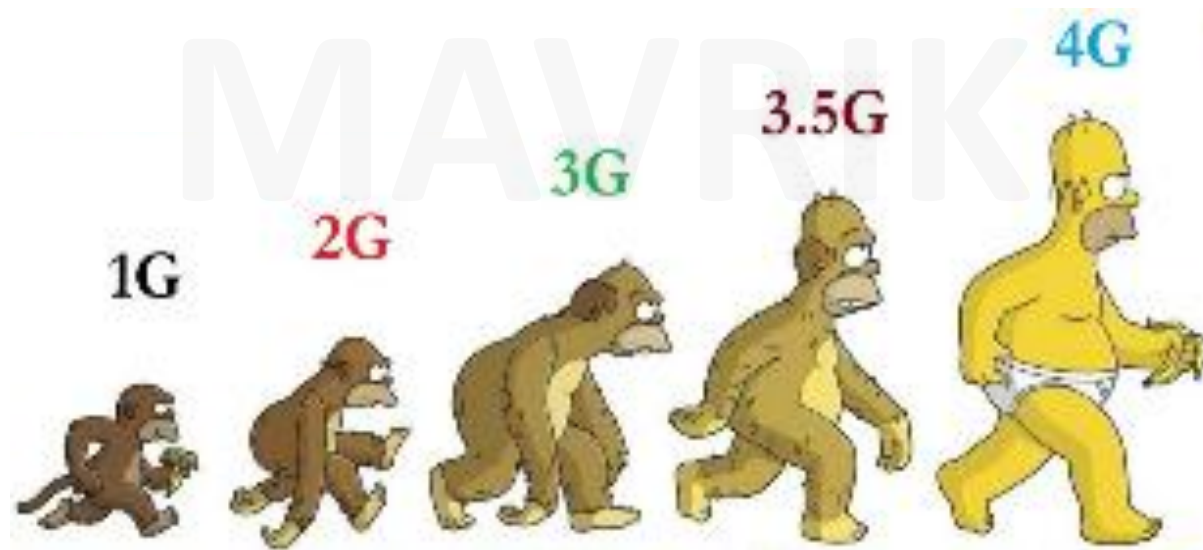
A: Center Conductor
B: Dielectric Core
C: Outer Conductor
D: Jacket



Boom
Frontal Support
Epoxy

Other useful Info

MISC



Chinese Resellers and "dB"

Case 1 / Indoor Panel

35dBi must be converted to 3.5dB, 28dBi to 2.8dB etc..



In the real world:

35dBi = 35db of gain

So, let's say:

23dBm

(Output power of your device)

+35db (of gain)

=58dBm

= 630 Watts !!!!

(Just hilarious)

Then

Decoding:

take 35dBi convert to +3.5dB

23dbm + 3.5dB = 26.5dBm

= **450mW (EIRP)**

Maximum Gain of cheap mobile panels is

7dB in best case

(depending on freq.)

Chinese "35dBi" Antenna / inside
(ebay)

= 3.5 dBi max

(to one Frequency)



And even **88dBi**

You can buy it here:

<https://shopee.com.my/88DBI-Blazing-Fast-3G-4G-LTE-MIMO-Indoor-Antenna-Two-SMA-Interface-2m-Cable-GAIN-i.50798026.1152834297>

3G 4G MIMO antenna

Wing4G

88DBI Blazing Fast 3G 4G LTE MIMO Indoor Antenna Two SMA
2m Cable GAIN

5.0 ★★★★★ | 1 Rating

RM70.00

Shipping Free Up to RM4.99 off shipping for orders over RM40.00

✈ Shipping From overseas to KL City, Kuala Lumpur ✓

Shipping Fee RM0.00 ✓

Quantity 99 piece available

 Add To Cart

Buy Now

2*44dBi Gain

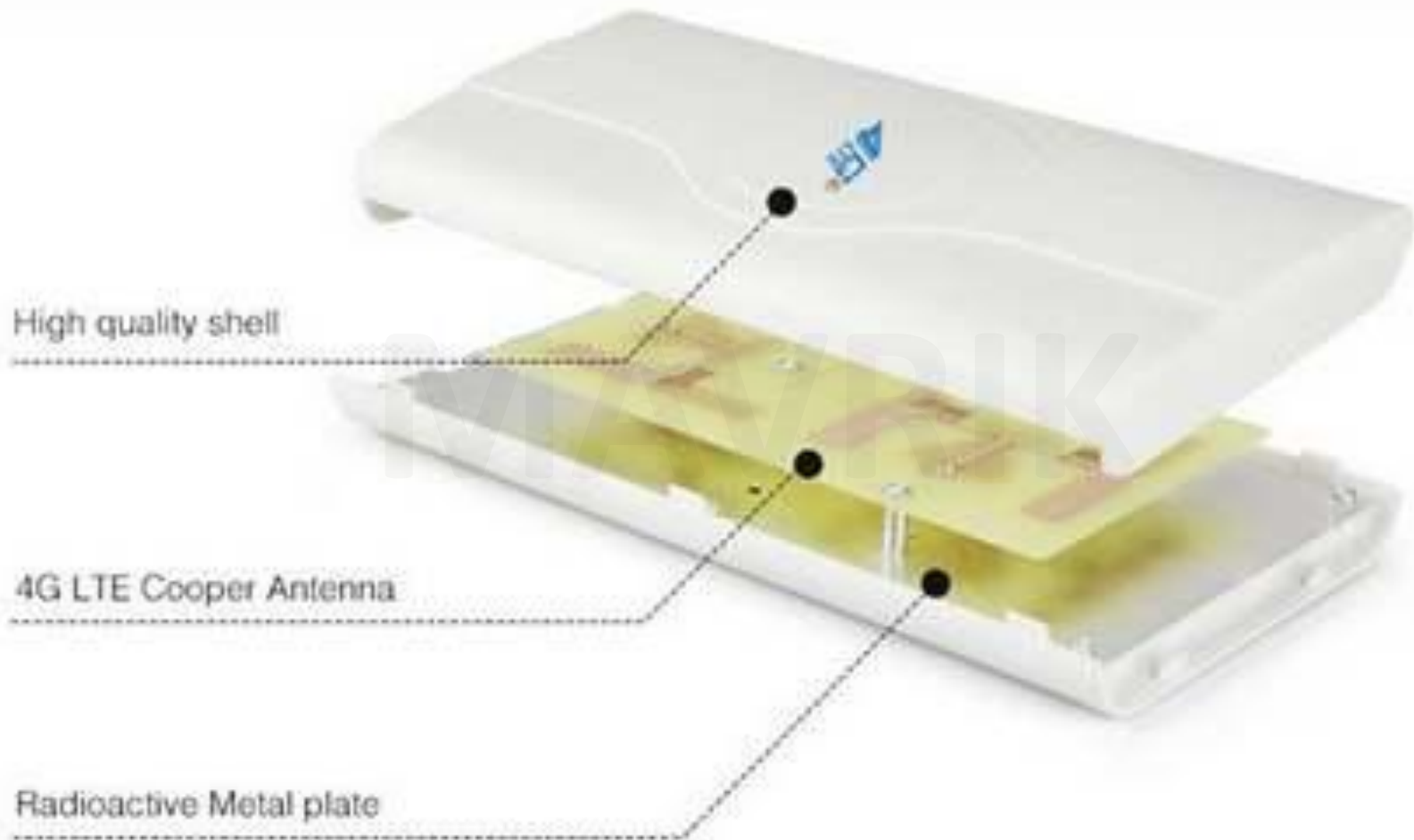
800~2700MHz

MIMO antenna



And even **88dB**

INSIDE !!!



Chinese Resellers and “dB”
Case 2 / Outdoor Panel
14dBi means 2 ports @ 7dB each

Good Panel given at 14dB or even more



We cannot say: $7\text{dB} + 7\text{dB} = 14\text{dB}$ of antenna gain
This is WRONG !

Antenna has 2 Ports so,
take $14/2 = 7\text{dB}$ each (is true)

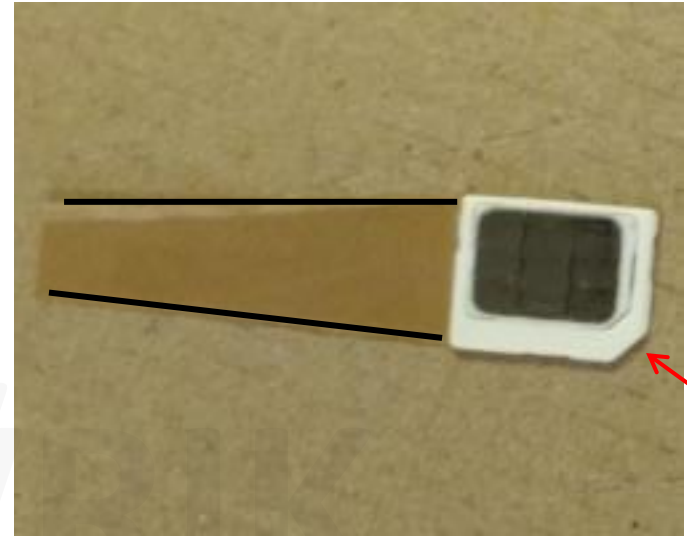
If given at 18dB
 $18/2 = 9\text{dB}$ is not realistic
(depending on size)

Maximum Gain of 700 to 2700 MHz panels is
around 8dB
(depending on frequencies , size and antenna design)

NANO SIM to MICRO SIM router slot

WARNING \ SAFE WAY

using tape



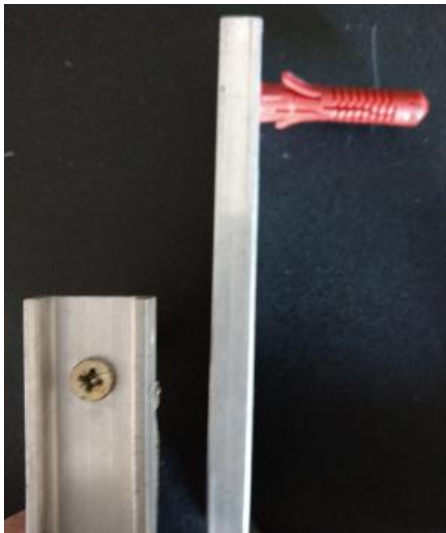
first
cut



B525s Up side down for easy sim card swap
(without hardware mods)



**B525s Up side down for easy sim card swap
(Option)**



Sim Card Slot Extender for easy and safe swap



Sim Card Slot Extender With Huawei B525s

