

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL
Port de Plaisance
F-93330 Neuilly sur Marne

Bienvenue sur le cours de F6KGL

La séance de ce soir porte sur

Technique Chapitre 9

Propagation et antennes

Ce document a servi pour le cours enregistré le **19/05/2023**.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et les liens des vidéos (*YouTube*)
sont disponibles sur la page <https://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/>

Les documents de notre site Internet sont mis à disposition selon les termes de la
Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



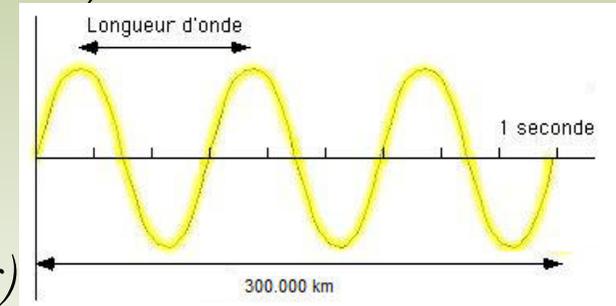
9-1) relation longueur d'onde/fréquence

- La **longueur d'onde** est fonction de la **vélocité** (*vitesse de déplacement*) de l'onde dans son **milieu de propagation**,
 - la longueur d'onde est notée λ
 - la longueur d'onde est égale à la distance (*en mètres*) entre deux points identiques d'une onde (*période*) dans son milieu de propagation



Christian Doppler
 1803 - 1853
 Complément de son étude
 « sur la lumière colorée
 des étoiles doubles et
 d'autres étoiles du ciel »
 où il tient compte des
 vitesses relatives de la
 source de lumière et de
 l'observateur (1846)

- **v** est la **vélocité** de l'onde (*en m/s*)
- **F** est la **fréquence** (*en Hz*)
- **t** est le temps que dure la période (*en s*)

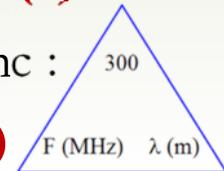


On a déjà vu que : $F(\text{Hz}) = 1 / t(\text{s})$ ou $t(\text{s}) = 1 / F(\text{Hz})$

$$\lambda(\text{m}) = v(\text{m/s}) / F(\text{Hz}) \quad \text{et} \quad \lambda(\text{m}) = v(\text{m/s}) \times t(\text{s})$$

La **vitesse de propagation** des ondes est de **300 000 km/s**, donc :

$$\lambda(\text{m}) = 300 / F(\text{MHz}) \quad \text{et} \quad F(\text{MHz}) = 300 / \lambda(\text{m})$$



- **Effet Doppler** : la fréquence augmente quand les stations se rapprochent (*la vitesse apparente diminue*)



9-1) relation longueur d'onde/fréquence

- Exemples :

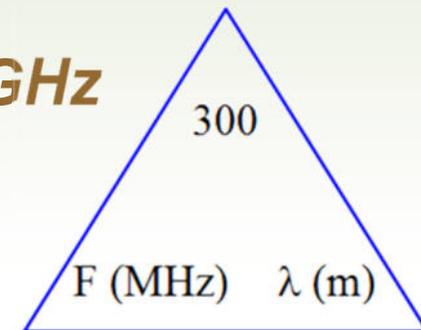
- 1) Quelle est la longueur d'onde d'une fréquence de 14,1 MHz?

Réponse : $L(m) = 300 / 14,1 = 21,27 \text{ m}$

- 2) Quelle est la fréquence dont la longueur d'onde est de 3 cm ?

Réponse : $3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m} ;$

$F(\text{MHz}) = 300 / 0,03 = 10\,000 \text{ MHz} = 10 \text{ GHz}$





9-1) relation longueur d'onde/fréquence

- *Comme des ronds dans l'eau*

Les ondes radioélectriques se propagent dans l'air de la même manière que l'onde formée par des gouttes d'eau qui tombent régulièrement au milieu d'une mare :

- *des ronds concentriques se déplacent à partir du point de chute à une vitesse constante.*
- *la distance entre deux « bosses » reste fixe et représente la longueur d'onde.*
- *lorsque l'onde atteint un bord de la mare, elle se réfléchit et repart selon l'angle avec lequel elle a heurté le bord.*
- *si on voit nettement l'onde (la force) se déplacer, l'eau (la matière), en revanche, ne se déplace pas.*



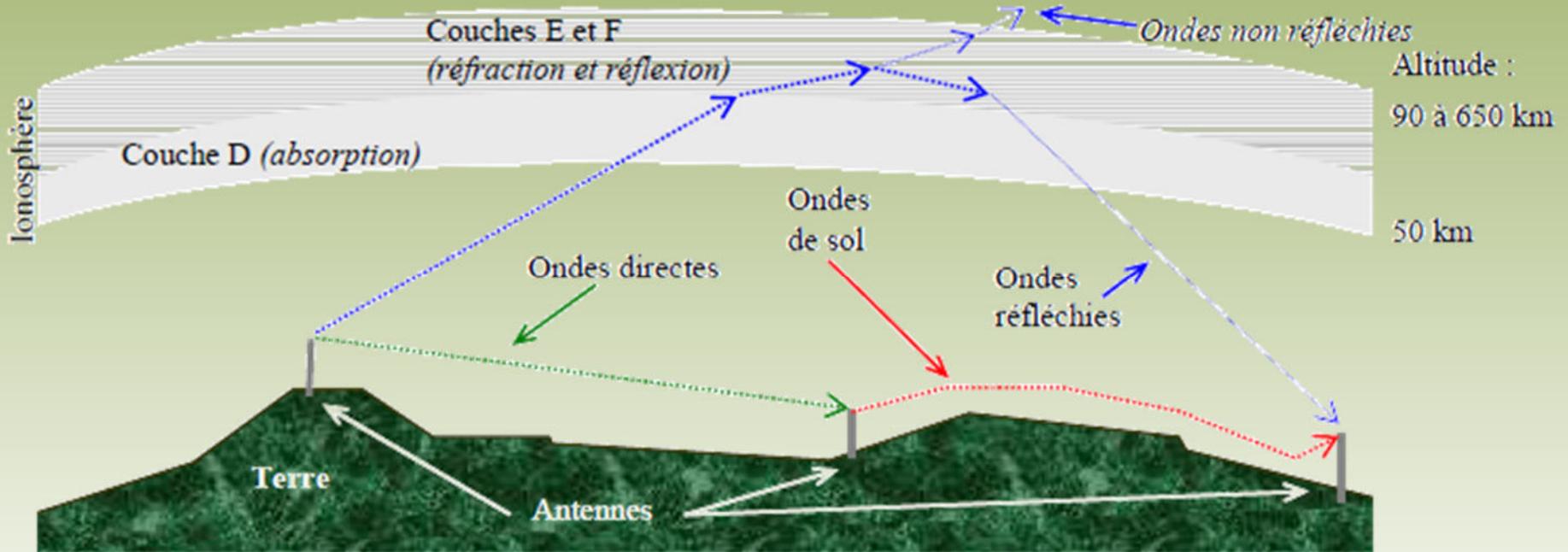


9-2) propagation

- Les ondes radioélectriques peuvent se propager de différentes façons selon leur fréquence :
 - en **ondes directes** : les antennes sont en vue l'une et l'autre
 - *ce mode de propagation fonctionne sur toutes les fréquences*
 - en **ondes de sol** : les ondes suivent le relief terrestre
 - *elles se propagent entre le sol et la couche D, comme dans un guide d'onde.*
 - en **ondes réfléchies** :
 - les ondes se réfléchissent sur les hautes couches de l'atmosphère, fortement ionisées par le rayonnement solaire,
 - ionosphère, réfraction et réflexion sur les couches E et F
 - absorption par la couche D
 - les ondes réfléchies sont renvoyées sur la Terre,
 - d'où elles peuvent être renvoyées vers l'espace.
 - un bond ne peut pas dépasser 4.000 km du fait de la courbure de la terre et de l'altitude de réflexion.
- *Les calculs de **prévision de propagation** des ondes réfléchies en décimétrique tiennent compte de l'**activité solaire** et sont donnés pour une date et une heure (éclairage de la Terre par le Soleil).*



9-2) propagation

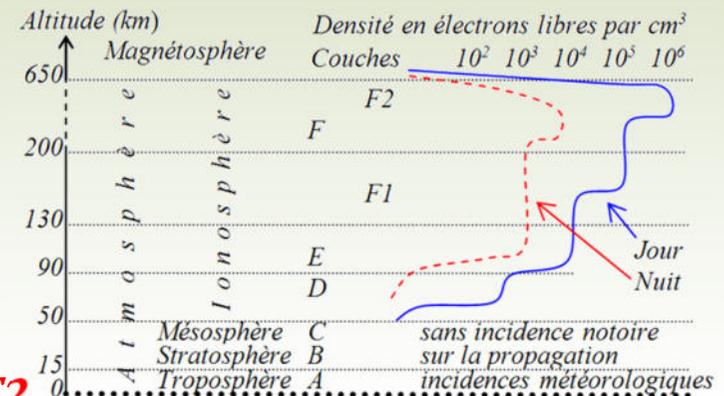


λ (m)	mam	km	hm	dam	m	dm	cm	mm	10^{-4}	10^{-5}	μm	10^{-7}	10^{-8}	nm	10^{-10}	10^{-11}	pm	10^{-13}	
Fréq. (Hz)	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}	10^{11}	10^{12}	10^{13}	10^{14}	10^{15}	10^{16}	10^{17}	10^{18}	10^{19}	10^{20}	10^{21}	
Gammes d'ondes	VLF LF MF HF VHF UHF SHF EHF radiofréquences gérées par l'UIT (de 9 kHz à 275 GHz)								Infrarouges		spectre visible		UV		Rayons X		Rayons γ		Rayons cosmiques
Propagation par ondes	de sol		réfléchies		directes		photoniques												



9-3) propagation en ondes réfléchies

- La **ionosphère** est la zone la plus élevée de l'**atmosphère** terrestre. Sous l'influence du rayonnement UV du soleil (lié à l'activité solaire, flux solaire, tâches solaires), les gaz ionisés et les électrons libres (plasma) sont très abondants et influent sur les caractéristiques de propagation des ondes électromagnétiques.
- La densité du plasma augmente avec l'altitude par paliers successifs, d'où la division de la ionosphère en 3 régions (ou **couches**) :
 - **D** (50 à 90 km) : peu ionisée, elle atténue les ondes qui la traversent
 - **E** (90 à 130 km) : faiblement ionisée sauf lors des « E sporadiques »
 - **F** (130 à 650 km) : fortement ionisée. Dans la journée, la ionisation augmente et la couche F se scinde en 2 couches : F1 et F2
- A l'approche de la **magnétosphère**, la densité du plasma diminue. L'activité magnétique terrestre influe sur la propagation.



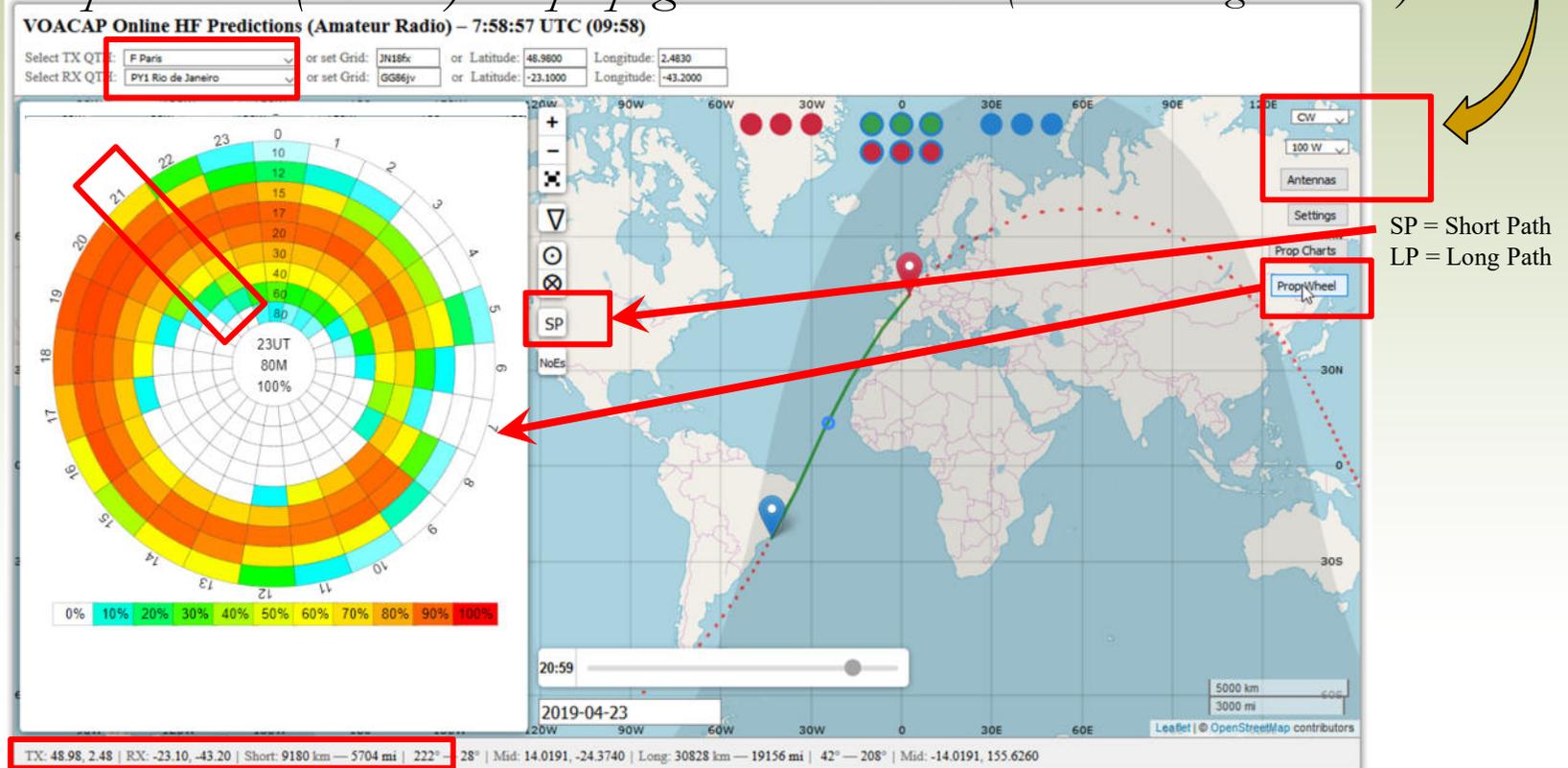


9-3) propagation en ondes réfléchies

- Un **circuit** est le parcours de l'onde d'un point à un autre. Les conditions de propagation varient tout au long de ce parcours.
- Le **lieu de réflexion** de l'onde sur la Terre est primordial :
 - l'atténuation est minimale sur la mer (0,3 dB)
 - mais devient critique sur terre (7 dB sur un champ, >10 dB en zone urbaine).
 - les conditions météorologiques du lieu de réflexion sur la Terre ont une incidence non négligeable sur la propagation.
- La ionisation a des impacts différents **selon la fréquence et l'heure**
- A cause de la ionisation, un contact avec un **parcours de jour** est plus facilement réalisable qu'un contact avec un parcours de nuit.
- Les **bandes basses** (<10 MHz) se réfléchissent moins haut dans la ionosphère et fonctionnent plus longtemps après le coucher du soleil.
 - ceci implique, pour les européens, que les contacts
 - vers l'Est (Asie) se font de préférence le matin
 - vers l'Ouest (Amériques) se font plus facilement en fin de journée, le soleil éclairant la fin du parcours de l'onde
 - sur les bandes basses sont des contacts moins lointains et peuvent se faire tard dans la nuit car ces bandes restent plus longtemps « ouvertes » une fois le soleil couché

9-3) propagation en ondes réfléchies

- Prévisions de propagation en ligne : <http://www.voacap.com/p2p/index2.html>
 définir le lieu d'*émission* et le lieu de *réception* (9180 km à 222°, ligne grise, long path)
 - Définir le mode, la puissance et les antennes utilisées en émission et en réception
 - les prévisions de propagation par bande et par heure s'affichent en cliquant sur « Prop Wheel » (à droite) : la propagation s'améliore ! (ci dessous image de 2019)

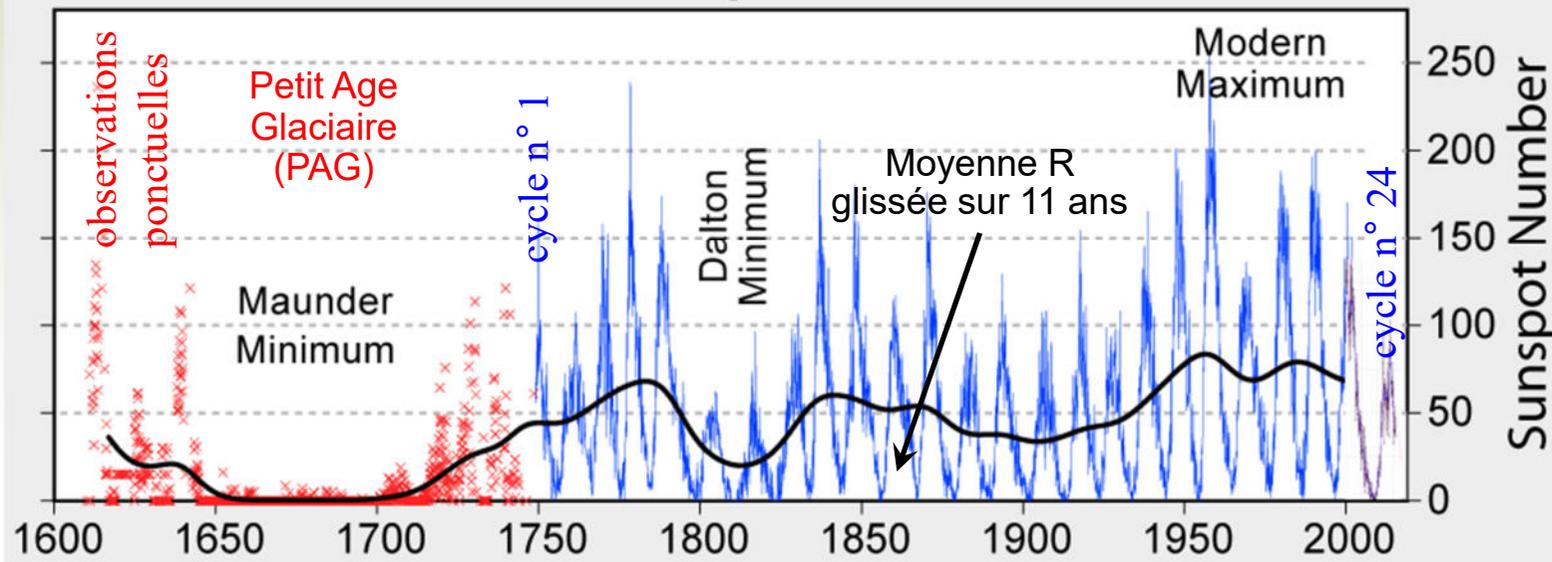




9-3) propagation en ondes réfléchies

- Il y a une forte corrélation entre l'activité solaire (en $W/Hz/m^2$) et le nombre de taches (Sunspot ou R) observables à la surface du soleil
 - le nombre de taches (nombre de Wolf) est une donnée suivie depuis 1755
 - un « cycle solaire » dure en moyenne 11 ans avec de fortes variations d'un cycle à l'autre (plus de 250 taches simultanées pour le cycle n° 19 à son maximum)
 - le cycle n° 24, débuté fin 2009, a eu son maximum en 04/14 (R = 116,4), un faible minimum (aucune tache pendant 100 jours) et s'est achevé en 2020.

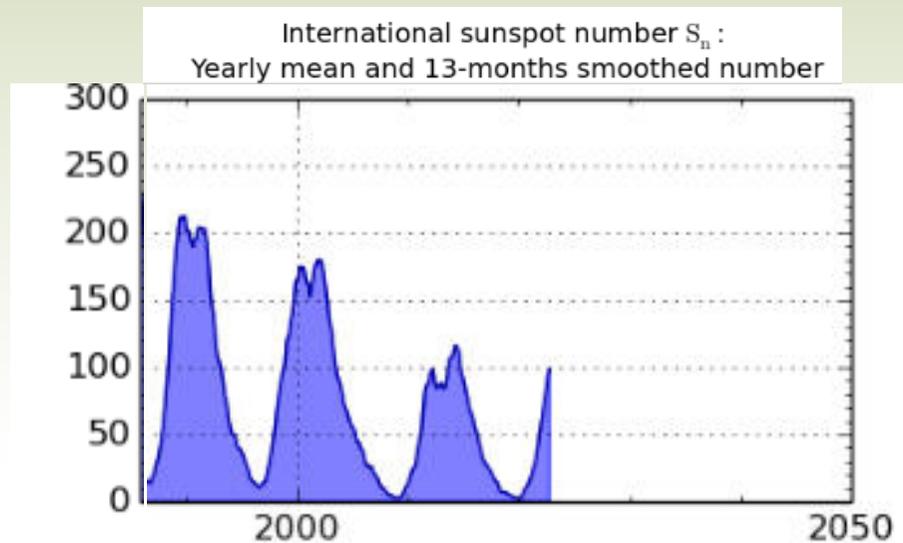
400 Years of Sunspot Observations



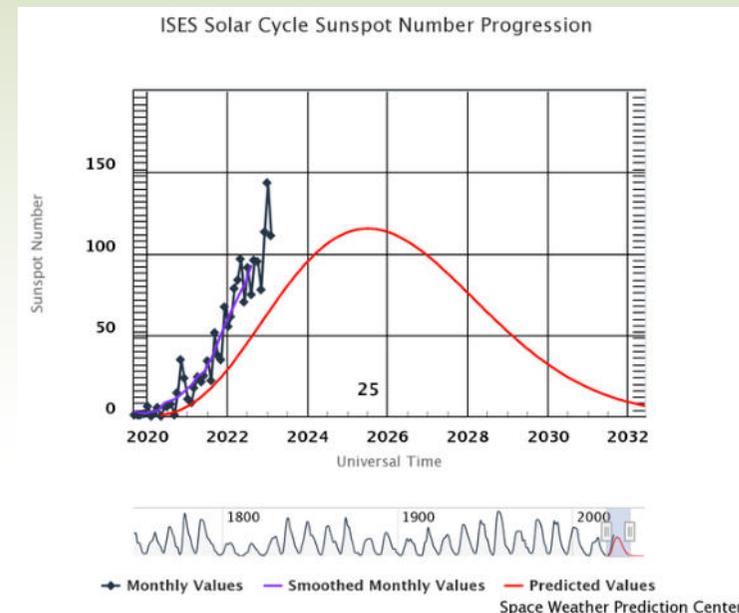


9-3) propagation en ondes réfléchies

- *Perspectives sur le cycle n° 25 (cycle en cours)*
 - *le cycle solaire 25 est le 25^{ème} cycle solaire depuis 1755, date du début du suivi régulier de l'activité et des taches solaires. Il a débuté fin décembre 2019 et devrait prendre fin en 2030*
 - *certains observateurs prédisaient une faible activité, voire une activité encore plus faible que lors des 3 derniers cycles*
 - *selon d'autres prédictions, à son maximum en 2025, le Soleil pourrait avoir 200 taches (comme le cycle n°22).*



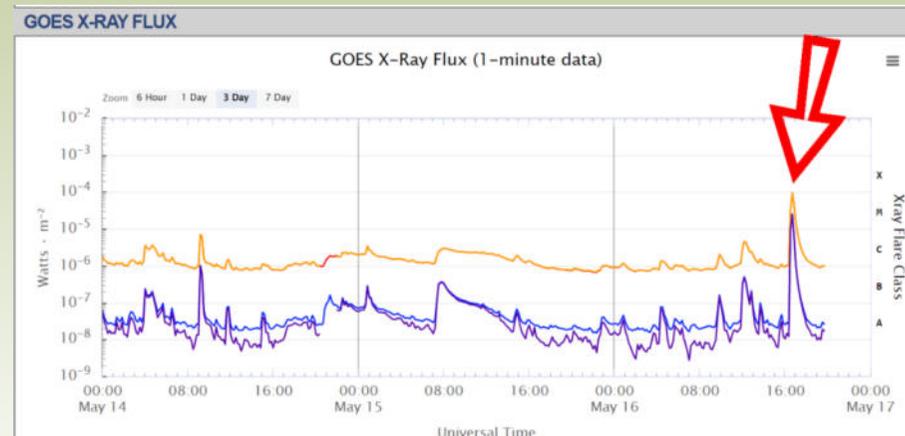
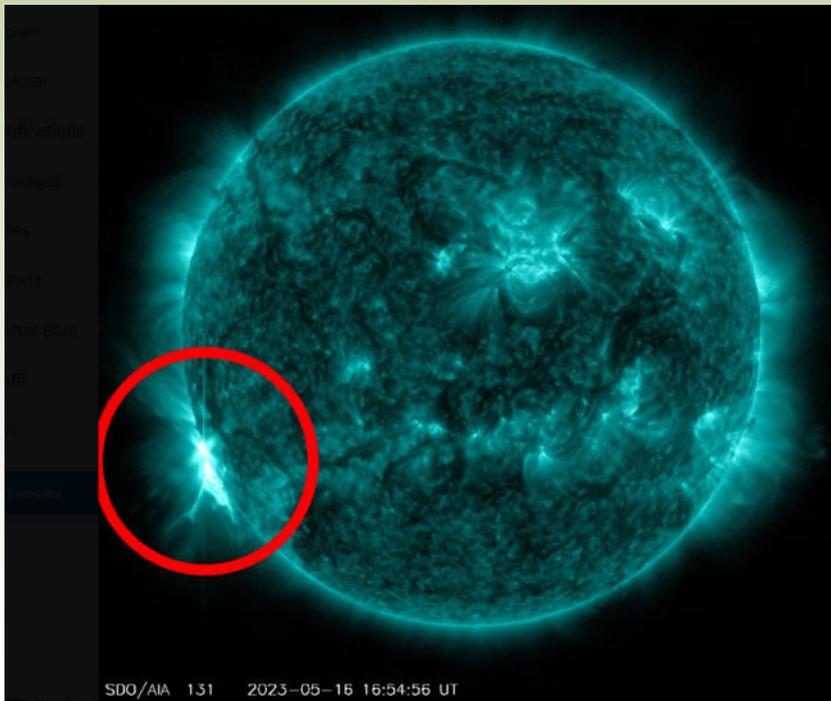
SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2023 May 1





9-3) propagation en ondes réfléchies

- *Le cycle solaire n° 25 est en superforme !*
 - *le nombre de taches solaires est bien plus important que les prévisions basées sur la tendance des trois derniers cycles .*
 - *un maximum est attendu vers la mi 2025 : ça commence à se sentir avec des ouvertures de plus en plus fréquentes !*



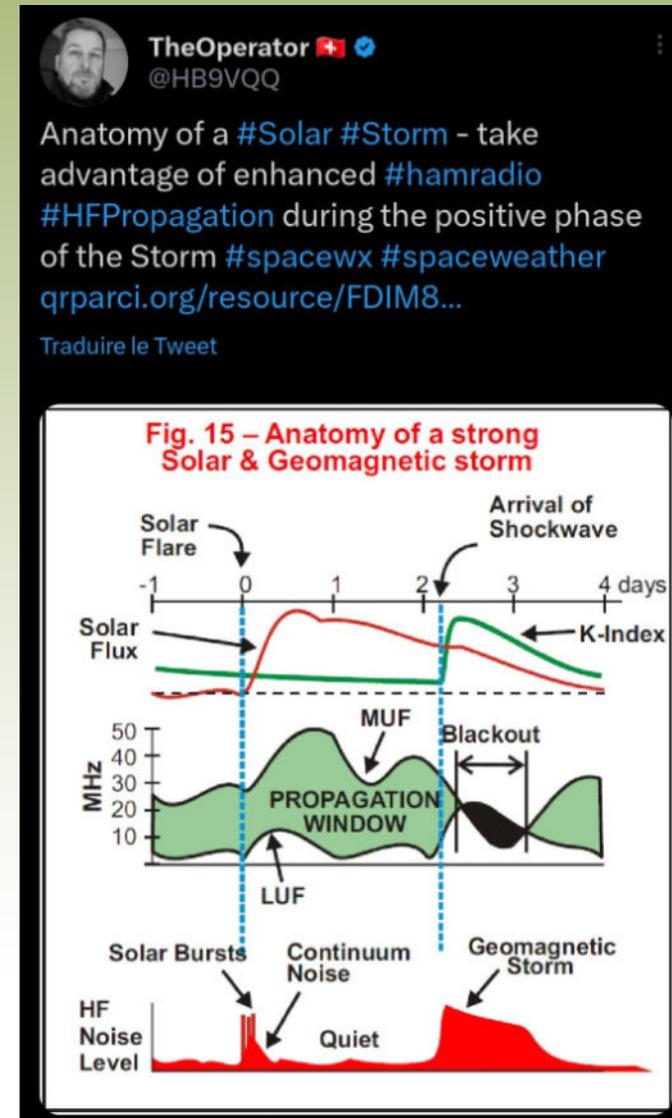
Le 16 mai 2023, à 19h heure française, un solar flare d'intensité importante (M9,6... il a frôlé la catégorie X, la plus grosse) est apparu sur le limbe Ouest du Soleil.

La bouffée de rayons X a touché la Terre quelques minutes plus tard provoquant quelques blackouts radio



9-3) propagation en ondes réfléchies

- *Mais une éruption solaire ne signifie pas automatiquement de bonnes conditions de propagation. Tout dépend de la direction des particules éjectées par le soleil qui peuvent perturber la magnétosphère et générer un orage géomagnétique.*
- *dans le cas de l'éruption du 16/05, les particules éjectées ne viendront pas dans notre direction.*
 - *il faudrait que l'éruption soit au centre du disque solaire mais, de ce fait, elle serait moins visible sur l'image*
 - *en revanche, on peut la mesurer avec le flux solaire*





9-3) propagation en ondes réfléchies

- Les autres modes de propagation :
 - Les ondes de sol (ou ondes de surface)
 - dans les bandes LF et VLF (300 kHz et en dessous), les ondes se propagent à l'intérieur d'un guide d'ondes dont les parois sont la surface terrestre et la couche D de l'ionosphère avec des espérances de longueurs de circuit diminuant rapidement lorsque la fréquence augmente (exemple : 300 kHz = 2.000 km; 4 MHz = 100 km ; 10 MHz = 50 km)
 - En ondes directes,
 - les antennes sont en vue l'une de l'autre.
 - toutefois, pour les fréquences les plus basses (jusqu'aux UHF), lorsque les ondes rencontrent un obstacle (changement de température de la masse d'air pas exemple), il se produit un phénomène de diffraction qui permet à l'onde de suivre le relief terrestre
 - D'autres modes de propagation existent mais seuls les radioamateurs les utilisent en VHF et UHF car ils sont peu fiables ou nécessitent des puissances élevées :
 - les diffusions troposphériques,
 - les « Duct » (sorte de guide d'ondes),
 - les réflexions sur les traînées ionisées de météorites, sur la Lune (Moon Bounce), sur les nuages de pluie (rain scattering) ou lors des aurores boréales.
- *Le sujet de la propagation des ondes demanderait un cours complet !!*



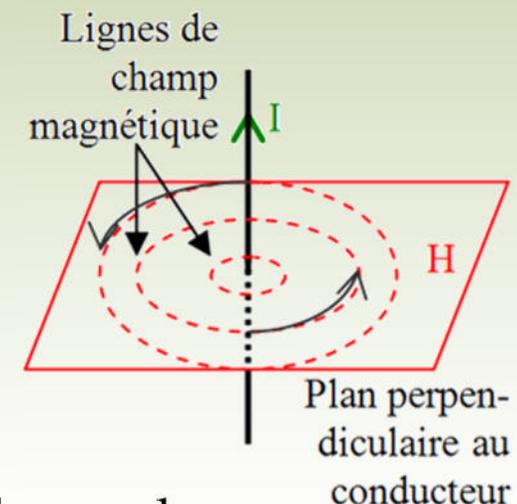
9-4) antenne doublet demi-onde alimenté au centre (dipôle)



- On recense **peu de questions sur les antennes**, l'essentiel de ces questions étant posé à l'épreuve de Réglementation. Les quelques questions recensées portent sur :
 - la **répartition des tensions et des intensités** le long des brins et au point d'alimentation de l'antenne (*dipôle uniquement*)
 - le **calcul de la PIRE** et de la PAR (*identique à l'épreuve de Réglementation*)
 - le gain amené par le **couplage d'antennes** identiques (*dans la présentation ANFR de l'examen mais aucune question dans les comptes-rendus sur ce sujet*)

9-4) antenne doublet demi-onde alimenté au centre (dipôle)

- Une **antenne** est un dispositif assurant la **liaison** entre :
 - le milieu de propagation où les ondes sont des champs électromagnétiques
 - et une structure dans laquelle les ondes circulent sous forme de courant électrique (*en règle générale, le câble coaxial*)
- Une antenne est un **dispositif passif, donc réciproque** : ses caractéristiques (gain, directivité, impédance) en émission et en réception sont identiques.
- Lorsqu'un courant continu (noté **I**) circule dans un conducteur, une **excitation magnétique** (noté **H**) perpendiculaire au fil apparaît.
- Lorsque le courant devient alternatif, le conducteur rayonne aussi un **champ électrique** (noté **E**) parallèle au conducteur et de même sens que le courant qui l'a produit.



9-4) antenne doublet demi-onde alimenté au centre (dipôle)

- L'antenne de base est l'antenne **doublet demi-onde alimentée au centre** (appelée aussi **dipôle**).

- Elle est constituée de **deux brins quart d'onde**

- A chaque extrémité du dipôle,

- l'intensité est nulle
- la tension est maximum.

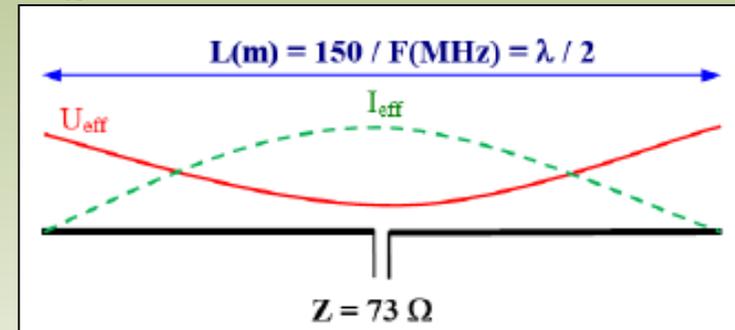
- Au centre du dipôle,

- I est maximum et U est au plus faible.

- l'impédance (rapport U/I) est faible

- et varie en fonction de l'angle que forment les brins :

- **73 Ω** s'ils sont alignés (angle de 180°)
- 52 Ω s'ils forment un angle de 120°
- 36 Ω s'ils forment un angle droit (90°)
- ces valeurs sont données en espace libre (loin de tout obstacle) mais peuvent varier selon l'environnement proche.



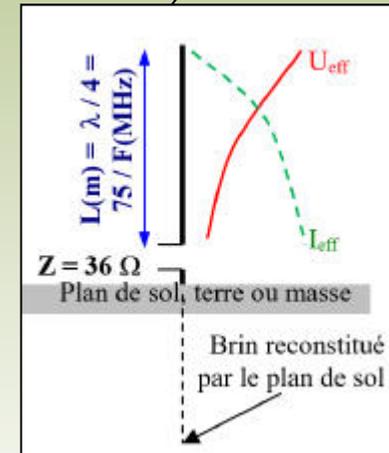
Alexandre Popov
1859 - 1906

Pour améliorer la sensibilité du récepteur de Lodge, Popov y raccorde le fil d'un paratonnerre - 1896



9-5) antenne quart d'onde (ground plane)

- L'**antenne verticale** (ou antenne GP) nécessite :
 - une **masse** (un piquet de terre ou la carrosserie d'un véhicule) afin de reconstituer électriquement le deuxième brin de l'antenne.
 - ou un **plan de sol** (**radiants** disposés à la base de l'antenne).
 - la longueur des radiants est souvent de $\lambda/4$,
 - il faut moins 3 radiants pour reconstituer efficacement la terre.
 - l'angle que forment les radiants par rapport au brin rayonnant détermine l'impédance de l'antenne.
 - un brin rayonnant plus court que le quart d'onde peut être utilisé, l'antenne sera allongée grâce à :
 - un bobinage positionné à la base du brin ou au milieu de celui-ci.
 - ou un conducteur fixé au sommet (capacité terminale).
 - le quart d'onde raccourci aura une impédance plus faible à sa résonance
 - les antennes 5/8 et 7/8 λ ont des lobes aplatis (dirigés vers l'horizon)
 - le nom de ces antennes donne leur longueur (elles sont plus longues que $\lambda/4$)
 - elles nécessitent un système d'adaptation spécifique (balun)



Peu de questions recensées à l'épreuve de Technique (antenne GP et antenne 5/8)



9-6) antenne Uda-Yagi

Pas de questions recensées à l'épreuve de Technique

- En ajoutant des éléments parasites près du dipôle (et si les éléments parasites sont bien positionnés et à la bonne dimension), on peut créer un **lobe principal** ce qui **concentre l'énergie dans une direction**

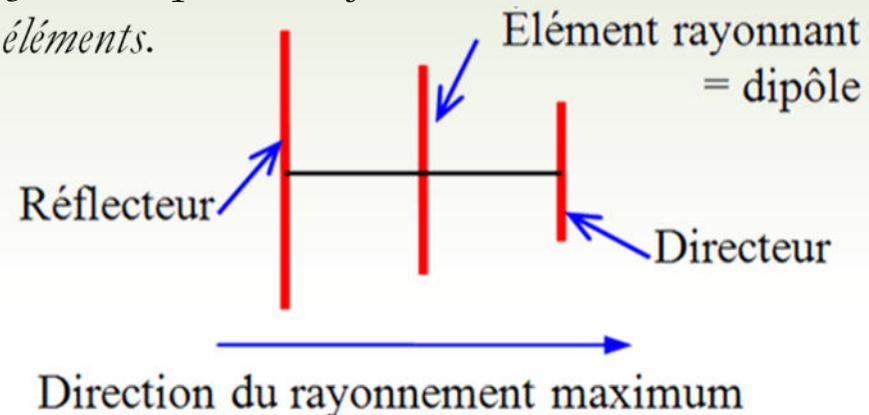
- les **éléments directeurs** sont plus courts que le dipôle,
- les **éléments réflecteurs** sont plus longs.
 - lorsque le nombre d'éléments augmente, l'impédance du dipôle diminue et le gain de l'antenne (son effet directif) augmente.
 - le gain obtenu par ce système dépend à la fois du nombre d'éléments et de l'écartement entre les éléments.



Hidetsugu Yagi
1886 - 1976
Rédige plusieurs articles en anglais présentant les principes de l'antenne mise au point par Shintarō Uda (1926)



Shintarō Uda
1896 - 1976

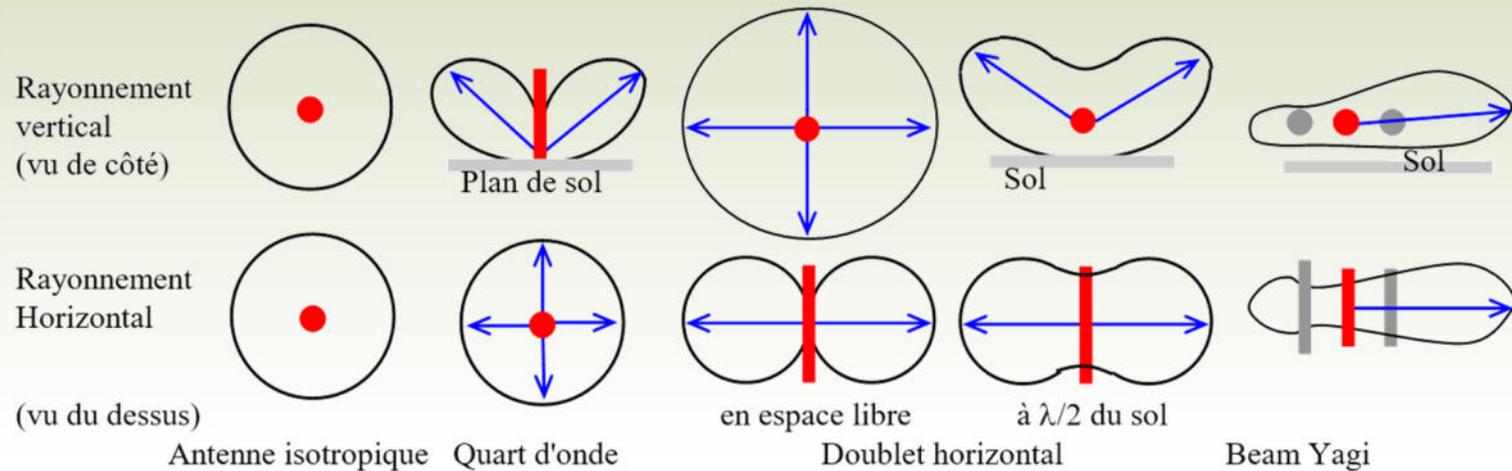




9-7) gain d'une antenne

- Le gain d'une antenne se mesure dans la direction maximum de rayonnement.
 - le gain se calcule par rapport à l'antenne doublet (dB_d)
 - ou encore par rapport à l'antenne isotropique (dB_{iso}).
- Le diagramme de rayonnement d'une antenne peut se représenter :

Peu de questions recensées à l'épreuve de Technique





9-8) puissance apparente rayonnée

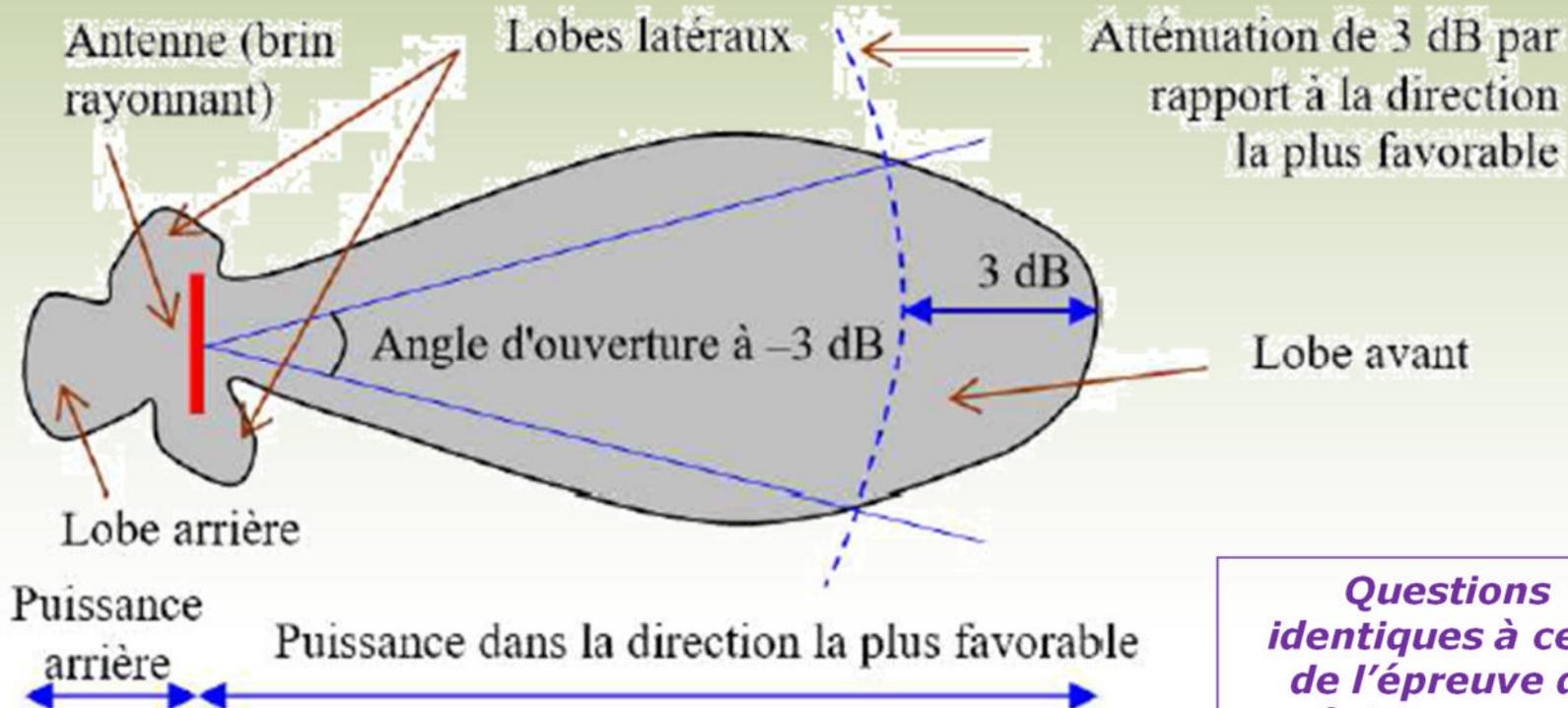
- **La puissance apparente rayonnée (PAR)** est :
 - la puissance d'alimentation de l'antenne
 - multipliée par le rapport arithmétique de celle-ci par rapport au doublet (pas en dB_d).
 - cette puissance correspond à la puissance qu'il faudrait appliquer à un dipôle pour avoir la même puissance rayonnée dans la direction la plus favorable de l'antenne.
- **La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE)** prend pour référence l'antenne isotropique.
 - *l'antenne doublet a un gain de 2,14 dB par rapport à l'antenne isotrope, soit un coefficient complémentaire de 1,64 (= 1 + 2/π).*
 - $PIRE = PAR + 2,14 \text{ dB} = PAR \times 1,64$

**Questions
identiques à celle
de l'épreuve de
Réglementation**



9-9) angle d'ouverture

- L'angle d'ouverture d'une antenne est l'écart d'angle entre les directions pour lesquelles la puissance rayonnée est la moitié (-3 dB) de la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable



**Questions
identiques à celle
de l'épreuve de
Réglementation**

9-10) compléments sur les antennes

Pas de question recensée à l'épreuve de Technique

- La **densité de puissance** d'une émission à distance (P_d) suit la formule suivante : **$P_d (W/m^2) = PIRE / 4\pi d^2$**
- Une fois que l'onde est formée, la valeur du **champ électrique** généré par l'antenne (E) ne dépend que de la densité de puissance d'où : **$E (V/m) = \sqrt{[30 \times PIRE (W)] / d (m)}$** ($U = \sqrt{PZ}$ et $Z = 120\pi$)
- La **surface effective** (S) de l'antenne est une autre mesure du gain **$S(m^2) = G \times (\lambda^2 / 4\pi)$** (G en rapport_{iso} et λ en mètres)
- La **formule de Friis** détermine la puissance reçue (P_r) : **$P_r (W) = P_d(W/m^2) \times S(m^2)$**

Exemple : soit 120 W PIRE sur 144 MHz, quelle est la puissance reçue à 10 km aux bornes d'une antenne de 6 dBi ?

$$P_d (W/m^2) = PIRE / 4\pi d^2 = 120 / [4\pi \times (10^4)^2] = 9,55 \times 10^{-8} = \mathbf{95 \text{ nW}}$$

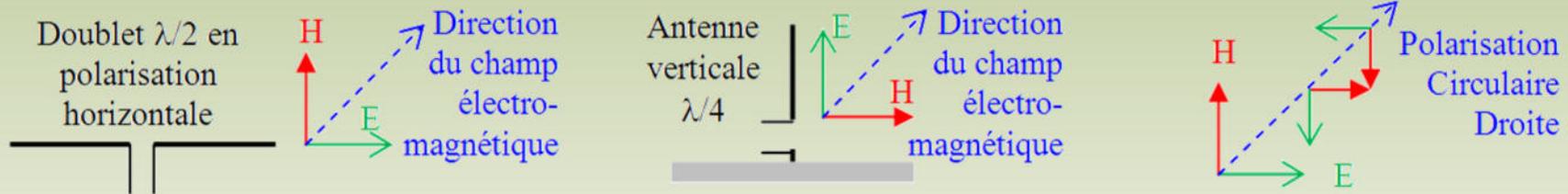
$$S(m^2) = G \times (\lambda^2 / 4\pi) = 4 \times (2,08^2 / 4\pi) = \mathbf{1,38}$$

$$P_r(W) = P_d(W/m^2) \times S(m^2) = 95 \text{ nW} \times 1,38 = \mathbf{132 \text{ nW}}$$

Aux bornes d'une antenne de 50 Ω , la tension sera : $\sqrt{132 \text{ nW} \times 50 \Omega} = \mathbf{2,57 \text{ mV}}$

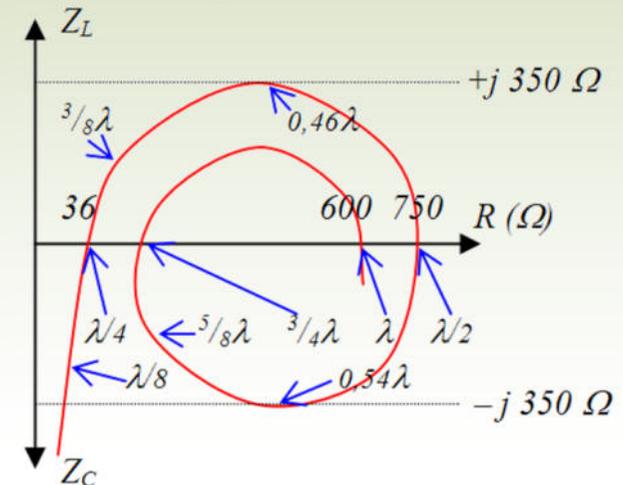
9-10) compléments sur les antennes

- *Position des ventres de tension et d'intensité dans une antenne ouverte*
- *Ventre d'intensité et lobe de rayonnement d'un brin rayonnant*
- *Polarisation et champ électrique*
 - *horizontale, verticale, circulaire (droite ou gauche)*



- *L'escargot de Smith : impédance et réactance d'un fouet vertical avec radiants à 90° ou plan de masse en fonction de la longueur du fil*
- *Rendement d'une antenne :*

$$R (\%) = \frac{\text{impédance de rayonnement}}{\text{impédance totale}}$$

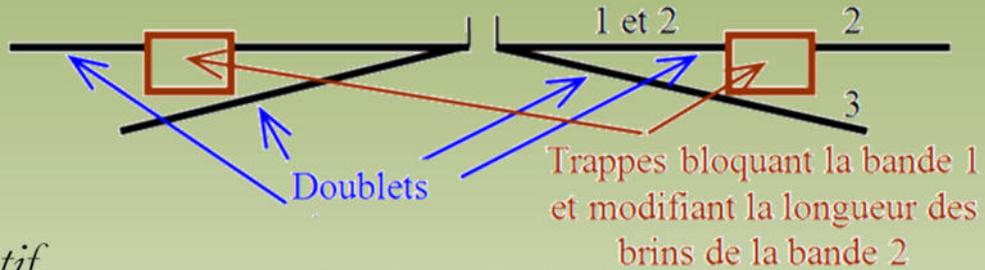


9-10) compléments sur les antennes

Questions sur la fréquence de résonance d'une trappe

Antennes multi-bandes :

- multi-doublet
- antenne à trappes
- bobine, chapeau capacitif



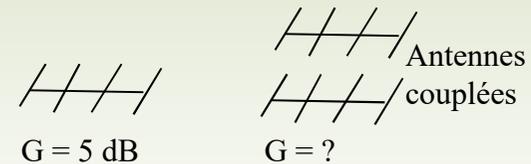
Antenne 3 bandes multi-doublet à trappes

Questions sur la présentation du logiciel ANFR uniquement

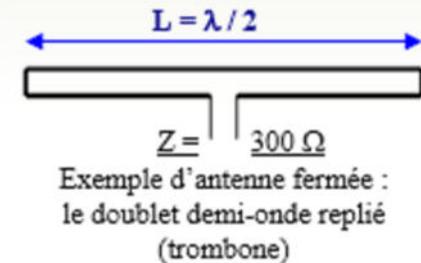
• Couplages d'antennes : le gain d'une antenne est augmenté en la couplant à une autre. Ainsi deux antennes identiques couplées auront un **gain** supplémentaire théorique de **3 dB** par rapport à une seule antenne ($PAR \times 2$).

• Exemple : gain dans le 2^{ème} cas ?

- Gain = 5 + 3 = 8 dB



• Antennes ouvertes et antennes fermées : une antenne est ouverte lorsque son brin rayonnant est libre aux deux extrémités. Une antenne est fermée lorsque le brin rayonnant forme une boucle dont la longueur est multiple de la longueur d'onde de fonctionnement.





9-10) compléments sur les antennes

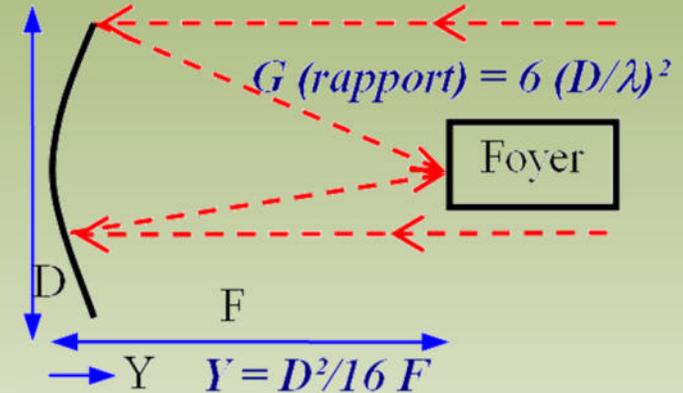


Pas de question recensée à l'épreuve de Technique



L'antenne (la source) est le barreau au fond du cornet

- Certaines antennes, utilisées en SHF, emploient des réflecteurs paraboliques (ou paraboles) qui réfléchissent les ondes et les concentrent sur un foyer, où est placé l'antenne (souvent un doublet).

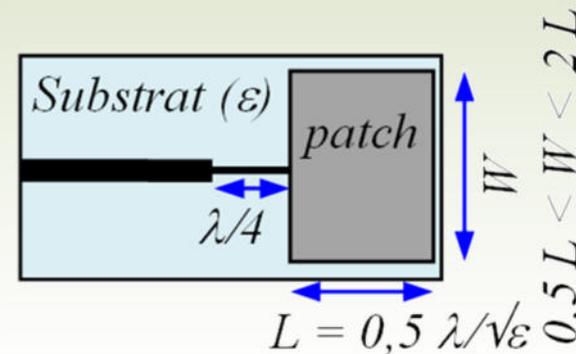
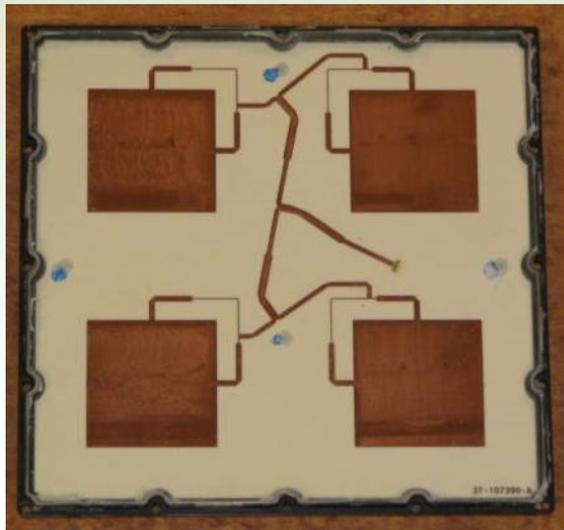


- la distance entre le foyer et la parabole est appelée la focale (F).
- le rapport D/F détermine l'angle d'illumination de l'antenne (ou source) située dans le foyer et la forme de la parabole (plus ou moins concave).
- le rapport λ/D détermine la résolution angulaire R (ou angle d'ouverture de l'antenne, en degrés) : $R (^\circ) \approx 70 \lambda/D$ (à ne pas confondre avec l'angle d'illumination de la source).
- le gain est donné par la formule : $G (dB) = 10 \log (k \cdot [\pi \cdot D / \lambda]^2)$ où k est le coefficient d'illumination de la source
- avec un foyer décalé qui ne masque pas la parabole, on peut obtenir $k = 0,6$ en dirigeant le rayonnement de la source vers toute la surface du réflecteur, d'où la formule simplifiée : $G (rapport) = 6 (D / \lambda)^2$



9-10) compléments sur les antennes

- Une antenne patch est une structure résonnante en surface, généralement un rectangle conducteur monté sur un plan de masse séparé d'un diélectrique (substrat).
 - le diagramme de rayonnement est hémisphérique au dessus de la surface du patch
 - la ligne d'alimentation est un microstrip
 - adaptation par ligne quart d'onde



$$Z(\Omega) = 90(\epsilon^2/(\epsilon-1))(L/W)^2$$



9-10) compléments sur les antennes

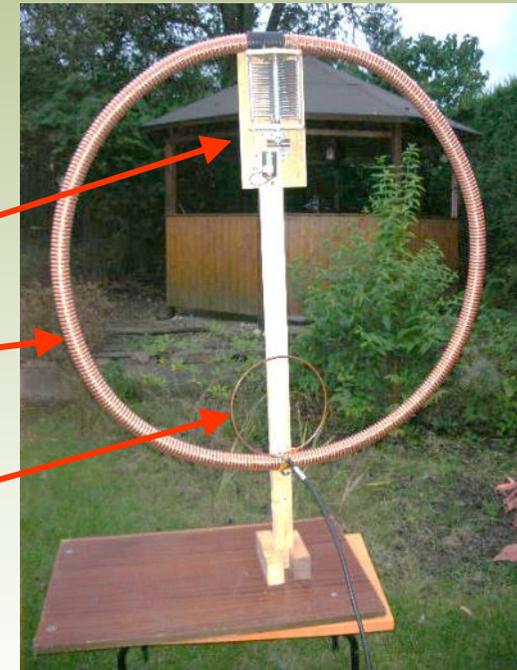
- Les antennes dont la circonférence est beaucoup plus courte qu'une longueur d'onde, sont des **antennes magnétiques** (exemple : boucle inductive, cadre)

Pas de question recensée à l'épreuve de Technique

- l'antenne émet (et reçoit) non pas la composante électrique de l'onde mais sa composante magnétique
- l'antenne est constituée
 - d'un condensateur variable,
 - d'une bobine
 - couplée à une bobine plus petite (alimentation)
- le rendement de ces antennes magnétiques est souvent faible



Antenne EH ●
14 MHz



Antenne EH (ou antenne « miracle »)

- Les antennes : voilà un domaine où il y a encore beaucoup à explorer et à expérimenter. Pour cela, utiliser des logiciels de simulation...

Le montage de la soirée Modélisation d'antenne



- Présentation d'un logiciel de calcul d'antenne : **MMANA**
 - Logiciel gratuit (*méthode de calcul NEC – Numerical Electromagnetic Code*) avec de nombreux montages proposés dans sa bibliothèque et disponibles sur Internet (fichiers .MAA)
- Depuis le 1/1/2022, le logiciel **EZNEC (PRO/2)** est gratuit et EZNEC PRO/4 est arrêté.
 - <https://eznec.com/retirement.htm>

Le 1er janvier 2022, je prendrai ma retraite. J'aurai presque 76 ans et je veux passer plus de temps à autre chose. EZNEC est et a toujours été développé, vendu et pris en charge uniquement par moi, donc tout développement, vente et support prendront fin à ce moment-là. Pour plusieurs raisons, il n'existe aucun moyen pratique de vendre ou de transférer la propriété à quelqu'un d'autre, alors voici ce qui se passera à cette date :

EZNEC sera publié dans le domaine public et deviendra gratuit et pourra être librement copié et distribué. Je ne prévois pas de publier le code source.

73, Roy Lewallen, W7EL

Le montage de la soirée

Modélisation d'antenne avec MMANA

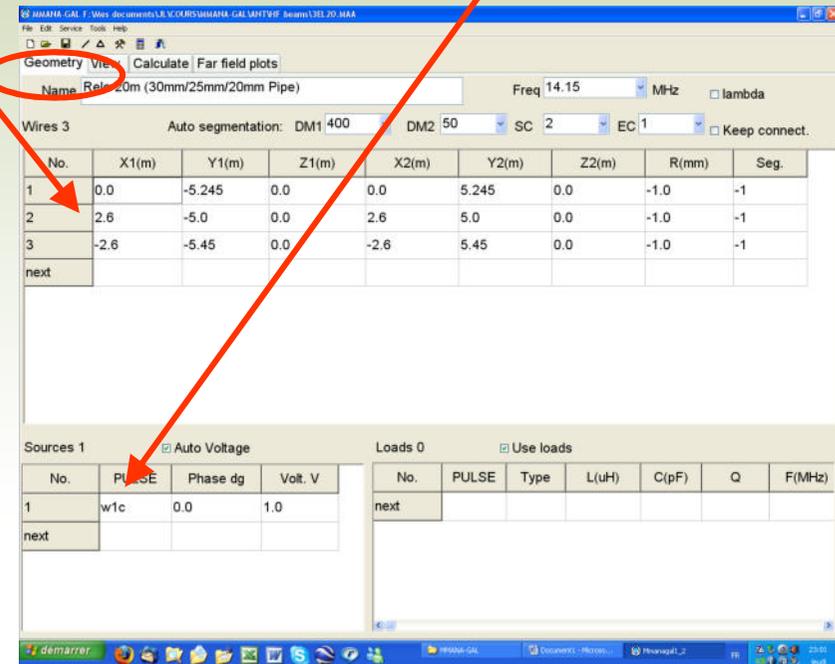
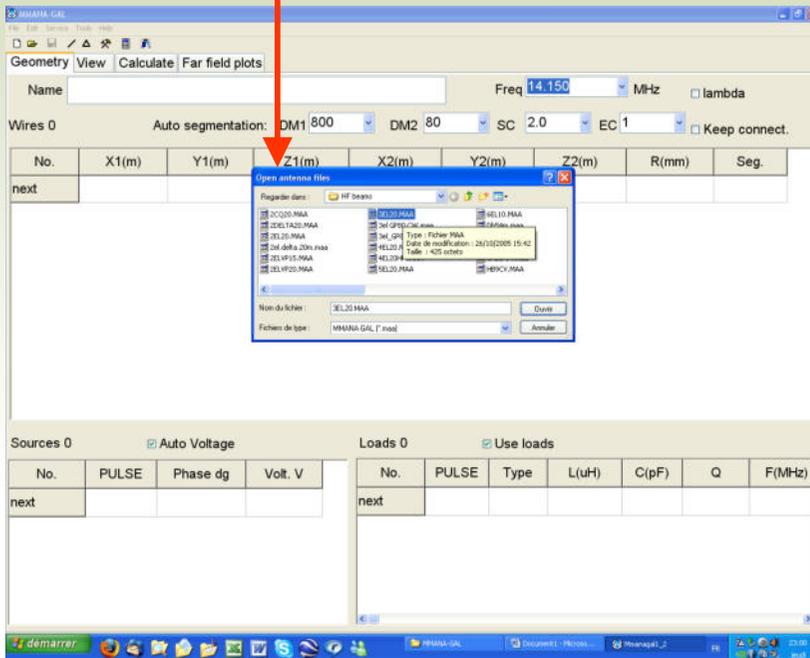


- Présentation d'un logiciel de calcul d'antenne : **MMANA**
 - Logiciel gratuit (*méthode de calcul NEC – Numerical Electromagnetic Code*) avec de nombreux montages proposés :

<http://mmana-gal.software.informer.com/download/#downloading>

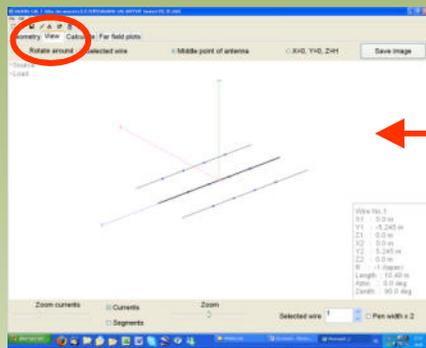
Ouvrir : **File/Open** : ANT/HF Beams/3EL20.MAA (beam 3 élts 14 MHz)

- **Geometry** : les fils constituant l'antenne, définition de la source

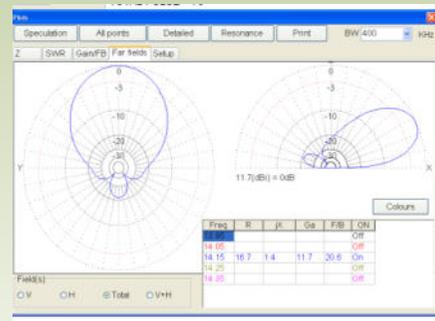


Le montage de la soirée

Modélisation d'antenne avec MMANA

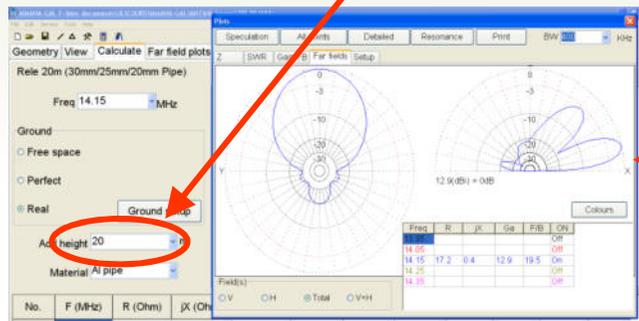
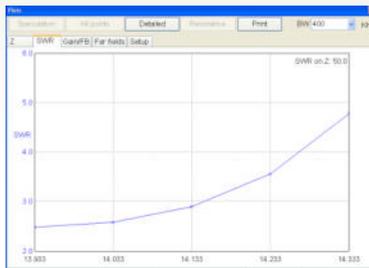


- **View** : l'antenne en 3 D (x = avant, y = côté, z = zénith)
 - Allonger le réflecteur à 2 x 7 mètres, observer la modif dans View
 - Réouvrir le fichier (File/Reopen) d'origine



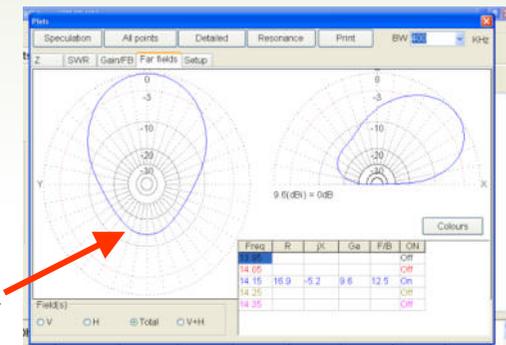
- **Calculate** : définir la hauteur (10 mètres), le matériau (Al pipe = tube d'aluminium) et la nature du sol, puis « Start » (le calcul s'effectue)
 - Cliquer sur **Plots** pour visualiser le diagramme de rayonnement
 - Cliquer sur **all points** pour visualiser la bande passante (BW)
 - ROS en cliquant sur **SWR**, gain et rapport av-ar sur **gain/FB**
- Fermer la fenêtre «Plots», relancer le calcul pour une hauteur d'antenne de 20 mètres puis 5 mètres. Repérez les différences !

Diagramme de rayonnement à 10 mètres du sol ($\lambda/2$) et courbe du ROS



à 20 m

à 5 m



Le montage de la soirée

Modélisation d'antenne avec MMANA



- Autres exemples de modélisation
- Premier sujet du « samedi technique reconfiné » du 07/11/20 disponible sur ce lien : https://youtu.be/8Spjcf_n14U
- Jean Luc F6GPX nous a montré comment analyser le comportement d'une antenne avec le logiciel **MMANA**. La « double loop VHF » présentée par FIGMA la semaine dernière a été prise comme exemple et Jean Luc a tenté de modifier à la marge l'antenne pour en améliorer le ROS et les autres caractéristiques. Le PDF qui a servi à cette présentation est disponible ici : <https://f6kglf5kfftesthome.files.wordpress.com/2020/11/st-11-07-mmmana.pdf>

Antenne double loop 144 MHz

- Lors du samedi technique confiné de la semaine dernière, Fifou FIGMA nous a présenté une antenne « double loop VHF » qui avait le défaut d'avoir un ROS de 1,4/1. J'ai essayé de comprendre pourquoi avec le logiciel **MMANA**
- **Schéma de l'antenne réalisée par Fifou**

Antenne double-loop

2,00 m de câble scintex
 2 m tube plastique
 1 boîte électrique
 1 BNC ou PL

1) Couper le tube en 2
 2) Percer deux trous espacés de 740mm
 3) Installer la connectique dans le boîtier
 4) Souder les extrémités des conducteurs sur la connectique

Antenne double loop 144 MHz

- sixième étape : sauvegarde...
- visualisation des résultats

à 2 mètres du sol

48° à 40dB
 12°

Lobe parasite créé par la proximité du sol

- Répartition des courants, courbe de ROS et diagramme de rayonnement

Antenne double loop 144 MHz

- septième étape : optimiser en modifiant les paramètres
- 2^{ème} piste : la « double loop croisée » : croiser les fils des deux boucles (déphasage), les autres paramètres n'étant pas modifiés.

Valeurs à modifier

Boucle haut
 zoom sur le point d'alimentation
 Boucle bas

35°

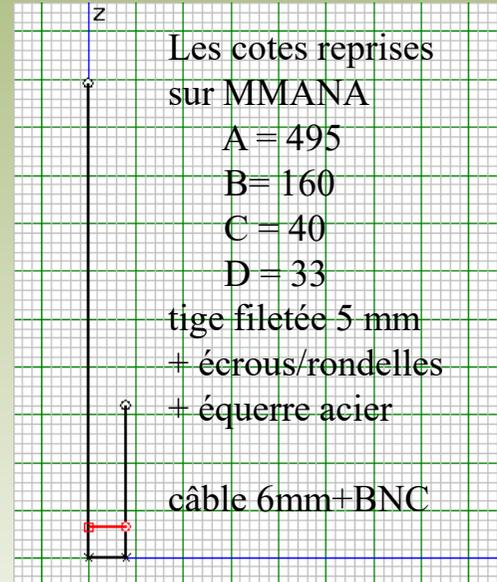
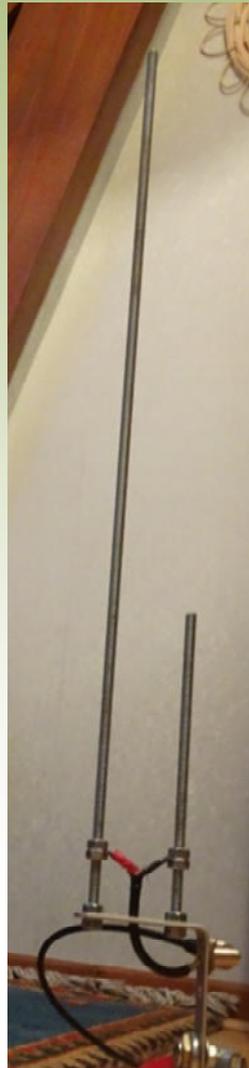
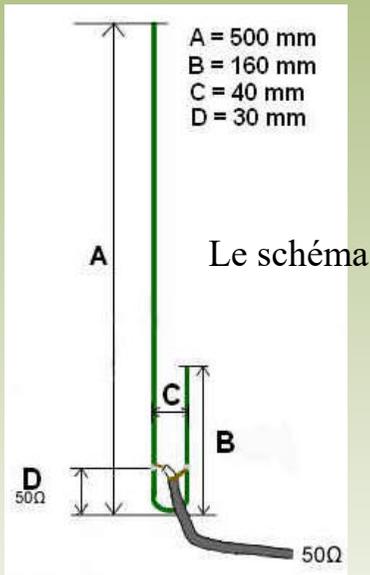
- L'impédance à la résonance devient 32 Ω (ROS = 1,6/1 à 145,3 MHz). Le gain diminue à 8 dBi avec un grand lobe vertical et un lobe latéral à 35°.

Le montage de la soirée

Modélisation d'antenne avec MMANA



• Modélisation d'une antenne J (home made par F6GPU)



Wire No.1
 X1: 0.000 m
 Y1: 0.000 m
 Z1: 0.033 m
 X2: 0.040 m
 Y2: 0.000 m
 Z2: 0.033 m
 R: 2.000 mm
 SEG: -1
 Len: 0.0400 m
 Deg: 0.0

X: 0.259 m
 Z: -0.115 m

Projection
 3D XY XZ YZ

Zoom

Afficher Tous

Grille
 Activé Auto
 Pas 0.01 m

Lien du fichier
 MMANA
<http://f6kgl.free.fr/Jpole.maa>

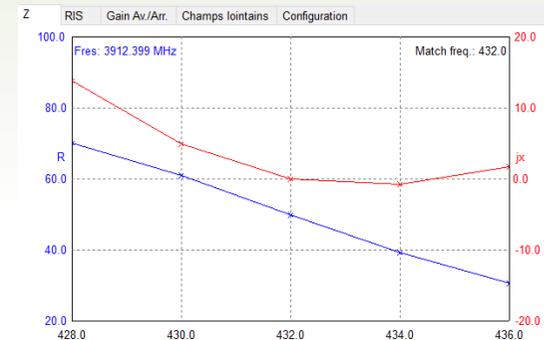
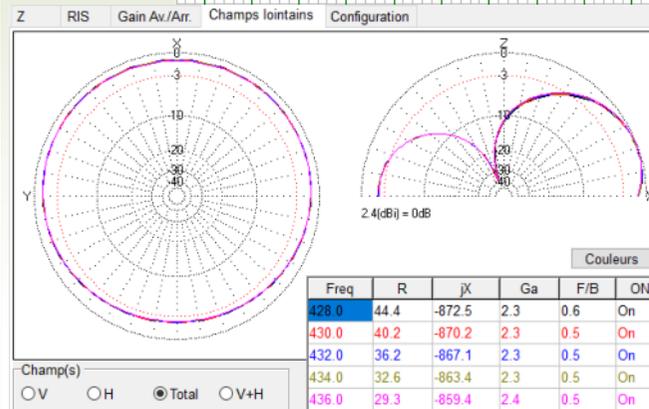


Diagramme de rayonnement et courbe d'impédance (R et X) avec MMANA

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

était présenté par F6GPX

Bon week-end à tous et à la semaine prochaine !

**Retrouvez-nous tous les vendredis soir au Radio-Club
de la Haute Île à Neuilly sur Marne (93) F5KFF-F6KGL,
sur 144,575 MHz (FM) ou sur Internet.**

Tous les renseignements sur ce cours et d'autres documents sont disponibles sur notre site Internet, onglet "*Les cours*" puis "*Certificat Radioamateur*"

f6kgl.f5kff@free.fr

<https://www.f6kgl-f5kff.fr>