

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

présenté par F6GPX

Réglementation

Chapitre 5 – Première partie

Puissance, décibels, gammes d'onde et antennes

Ce document a servi pour le cours enregistré le 25/11/2016.

Le fichier audio (*MP3*) et le lien vers la vidéo (*Youtube*) sont disponibles sur la page <http://f6kgl-f5kff.fr/lespodcasts/index.html>



R-5) Connaissances techniques de base

Attention : ce chapitre est à l'origine de nombreux échecs à l'épreuve de réglementation : NE LE NEGLIGEZ PAS

- Les quelques calculs demandés sont simples et doivent pouvoir être effectués “de tête” bien que l'utilisation d'une calculatrice soit autorisée



- *information confirmée par de nombreux témoignages*
- *un seul candidat s'est vu refuser l'utilisation d'une calculatrice à Toulouse en septembre 2013, ce qui a semé le doute*
- *nous verrons plus en détail ces connaissances dans la partie technique du cours*

- **Ne répondez qu'aux questions dont vous êtes sûrs de la réponse** (- 1 point pour une réponse fausse mais pas de pénalités si vous ne répondez pas)



Les questions portant sur ce chapitre forment 3 familles de questions de l'épreuve de réglementation, soit 6 questions.



R-5) Connaissances techniques de base

Extraits de l'annexe I de l'arrêté du 21 septembre 2000

Chapitre 3 Brouillages et protections

1. Brouillage des équipements électroniques :

- Brouillage avec le signal désiré ;
- Intermodulation ;
- Détection par les circuits audio.

2. Cause de brouillage des équipements électroniques :

- Champ radioélectrique rayonné par une chaîne d'émission ;
- Rayonnements non essentiels de l'émetteur ;
- Effets indésirables sur l'équipement : par l'entrée de l'antenne, par d'autres lignes, par rayonnement direct, par couplage.

3. Puissance et énergie :

- Rapports de puissance correspondant aux valeurs en dB suivantes : 0 dB, 3 dB, 6 dB, 10 dB et 20 dB (positives et négatives)
- Rapports de puissance entrée/sortie en dB d'amplificateurs et/ou d'atténuateurs ;
- Adaptation (transfert maximum de puissance) ;
- Relation entre puissance d'entrée et de sortie et rendement : $\eta = P \text{ entrée} / P \text{ sortie} \times 100\%$
- Puissance crête de la porteuse modulée [PEP].

4. Protection contre les brouillages :

- Mesures pour prévenir et éliminer les effets de brouillage ;
- Filtrage, découplage, blindage.

5. Protection électrique :

- Protection des personnes et des installations radioamateurs ;
 - Alimentation par le secteur alternatif ;
 - Hautes tensions ;
 - Foudre ;
- Compatibilité électromagnétique





R-5) Connaissances techniques de base

Extraits de l'annexe I de l'arrêté du 21 septembre 2000 (suite)

Chapitre 4 Antennes et lignes de transmission

1. Types d'antennes :

- Doublet demi-onde alimenté au centre, alimenté par l'extrémité et adaptations
- Doublet avec trappe accordée, doublet replié
- Antenne verticale quart d'onde [type GPA]
- Aérien avec réflecteurs et/ou directeurs [Yagi]
- Antenne parabolique

2. Caractéristiques des antennes :

- Impédance au point d'alimentation
- Polarisation
- Gain d'antenne par rapport au doublet par rapport à la source isotrope
- Puissance apparente rayonnée [PAR]
- Puissance isotrope rayonnée équivalente [PIRE]
- Rapport avant/arrière
- Diagrammes de rayonnement dans les plans horizontal et vertical



3. Lignes de transmission :

- Ligne bifilaire, câble coaxial
- Pertes, taux d'onde stationnaire
- Ligne quart d'onde impédance
- Transformateur, symétriseur
- Boîtes d'accord d'antenne

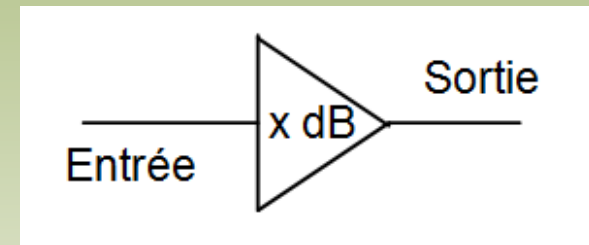


Ces deux chapitres sont extraits du programme HAREC (recommandation T/R 61-02), partie technique : chapitre 6 (antennes et lignes de transmission), chapitre 9 (brouillage et protection) et chapitre 10 (protection électrique)



R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB)

- La **puissance** d'émission est issue d'amplificateurs successifs et s'exprime en **watts** (symbole W).
- Un amplificateur se représente par un **triangle** : l'entrée se trouve sur un côté (à gauche généralement) et la sortie se trouve sur la pointe opposée
- Le **décibel (dB)** est une unité permettant d'exprimer un **rapport entre deux grandeurs** de même nature mesurées par exemple à l'entrée et à la sortie d'un circuit.
 - pour l'épreuve de réglementation, seuls sont à connaître les **9 rapports en puissance** suivants :

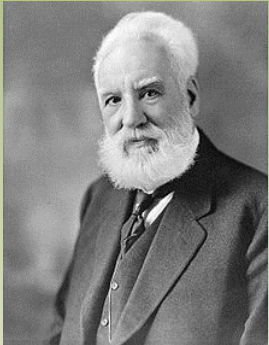


Gain exprimé en décibel (dB)	-20 dB	-10 dB	-6 dB	-3 dB	0 dB	3 dB	6 dB	10 dB	20 dB
Rapport de puissance Sortie / Entrée	1/100	1/10	1/4	1/2	identique	x 2	x 4	x 10	x 100



R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB)

- **Caractéristiques des décibels :**



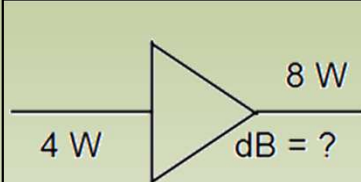
Alexander Graham Bell
(1847 – 1922)
créé la Bell Telephone
Company en 1877

- un nombre de décibels positif indique un **gain**
- un nombre de décibels négatif indique une **perte**
- les gains successifs s'additionnent
- les pertes successives se soustraient des gains
 - toutes ces caractéristiques viennent du fait que les décibels sont définis à partir de logarithmes (*notion approfondie dans la partie technique du cours*)
- Les décibels permettent d'exprimer aussi des **niveaux relatifs** (par rapport à une référence connue) :
 - le gain d'une antenne se définit par rapport à une antenne de référence (***dBd*** ou ***dB_i***, *doublet* ou *antenne isotropique*).
 - le **gain avant/arrière** définit la directivité des antennes Yagi
 - les atténuations des rayonnements parasites sont données en **dBc** (*par rapport à la puissance de l'émission fondamentale*)

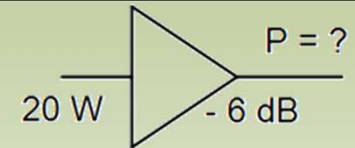


R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB)

- Exemples de calcul sur les décibels :



Réponse : rapport = $8 / 4 = 2 \Rightarrow 3 \text{ dB}$



Réponse : $-6 \text{ dB} \Rightarrow 1/4$; $P = 20 / 4 = 5 \text{ W}$

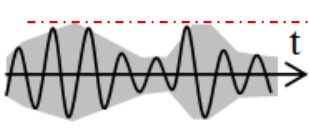
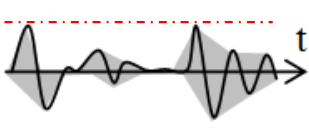
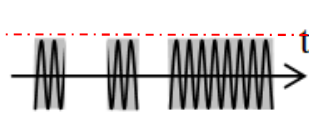
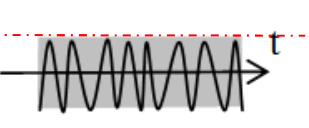


Calculs simples !



R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB)

- **Puissance crête de la porteuse modulée**
 - *En modulation d'amplitude, la puissance d'émission varie au cours du temps. Dans ce cas, la mesure de la puissance se fera sur les pointes d'amplitude ce qui amène à définir la **puissance crête** appelée aussi **puissance de pointe de l'enveloppe** (PEP en anglais)*

Type de modulation	AM (Amplitude)	BLU (dérivé de l'AM)	CW (A1A)	FM (Fréquence)
Représentation en fonction du temps (oscillogramme)				

Pointe de l'enveloppe

Puissance crête



Pas (ou peu) de questions !



R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB)

- Le **rendement** détermine la qualité du transfert de puissance. Le rendement est :
 - exprimé en %
 - toujours inférieur à 100%
 - égal au rapport obtenu en divisant la puissance utile (puissance émise) par la puissance consommée totale.

$$\text{Rendement (\%)} = (\text{Puissance utile} \times 100) / \text{Puissance consommée}$$

- **Exemples de calcul de rendement :**

Exemple : un émetteur consomme 100 watts. Sa puissance de sortie est 60 watts. Quel est son rendement ?

Réponse : Rendement = (Puissance utile x 100) / Puissance consommée = (60 x 100)/100 = 0,6 = 60%



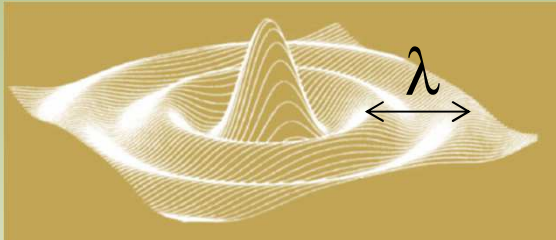
Question ancienne !



R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

Relation longueur d'onde / fréquence

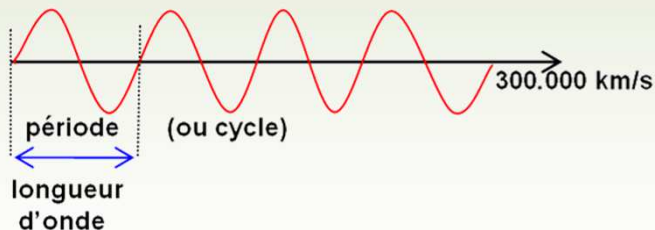
- La **longueur d'onde** (λ , en mètres) est la distance parcourue dans le vide (ou dans l'air) par l'onde au cours d'une durée égale à la période du signal.



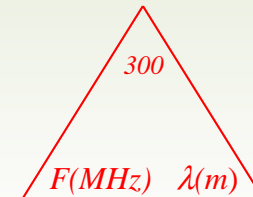
Modélisation « goutte d'eau »

- Dans le vide (ou dans l'air), les ondes radio se déplacent à la **vitesse de la lumière** (300.000 km/s)

- **La fréquence** (F en hertz, Hz) est le nombre de période (ou cycle) du signal par seconde.
 - la fréquence peut être donnée dans un multiple du hertz :



- 1 kHz (kilohertz) = 1.000 Hz
- 1 MHz (mégahertz) = 1.000 kHz
- 1 GHz (gigahertz) = 1.000 MHz



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

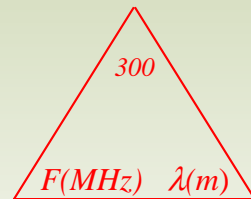
$$\lambda(\text{m}) = 300 / F(\text{MHz})$$



R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- Exemples de conversion longueur d'onde/fréquence :

Questions	Réponses
Quelle est la longueur d'onde de la fréquence 150 MHz ?	$300 / 150 = 2$ mètres
A quelle fréquence correspond la longueur d'onde 10 mètres ?	$300 / 10 = 30$ MHz



Calculs simples !

- *Méthode applicable pour trouver la fréquence d'une bande à partir de sa longueur d'onde :*
 - *Q : quel est le statut de la bande des 40 mètres ?*
 - *R : la bande des 40 mètres est aussi celle des 7 MHz (300/40 = 7,5)*



R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- Les gammes d'ondes
 - les gammes d'ondes sont à connaître dans le cadre de la **déclaration PAR** prévue par le décret du 17/12/07 modifié.
 - ces questions ont été classées par l'ANFR dans l'une des trois familles de technique de l'épreuve de réglementation.

Gamme	Ondes	Plage de fréquences	Plage de longueurs d'onde
Déclaration PAR	VLF	moins de 30 kHz	plus de 10 km
	LF	de 30 à 300 kHz	de 1 à 10 km
	MF	de 300 kHz à 3 MHz	de 100 m (= 1 hectomètre) à 1 km
	HF	de 3 à 30 MHz	de 10 m (=1 décamètre) à 100 m
	VHF	de 30 à 300 MHz	de 1 à 10 m
	UHF	de 300 MHz à 3 GHz	de 10 cm (=1 décimètre) à 1 m
	SHF	de 3 à 30 GHz	de 1 à 10 cm
EHF	de 30 à 300 GHz	de 1 mm à 1 cm	

voir aussi page **CNFRA** dans *Radio-REF* de février 2010



R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- **Quatre antennes sont à connaître :**

- doublet **demi-onde** (dipôle)
- doublet **demi-onde replié** (trombone)
- antenne verticale **quart d'onde** (GP)
- antenne **Yagi** (directive, beam en anglais)
- *le programme cite aussi l'antenne parabolique, le doublet à trappes et le doublet alimenté à une extrémité mais aucune question n'a été recensée*

- Pour chacune de ces antennes, il faut connaître :

- sa **longueur** théorique
- son **impédance**
- ses **spécificités** de fonctionnement
- son **diagramme de rayonnement**



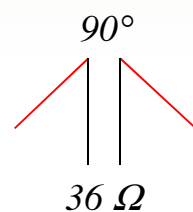
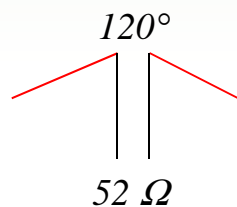
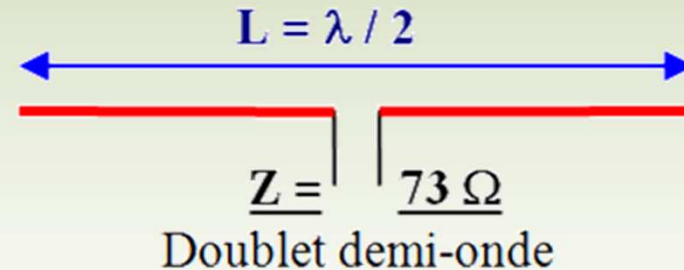
• *la **répartition tension/intensité** le long du brin rayonnant n'est pas au programme de l'épreuve de réglementation.*

*voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de février 2011*



R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- **Doublet demi-onde (dipôle)**
 - antenne de base
 - **alimentée par son milieu** > formée de 2 quarts d'onde
 - isolée dans l'espace et loin du sol
 - longueur
 - $\lambda/2$
 - impédance
 - 73Ω
 - 52Ω *lorsque les brins ne sont pas alignés*
 - 36Ω *(120° et 90°)*

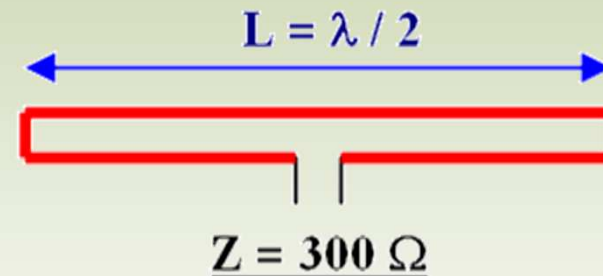




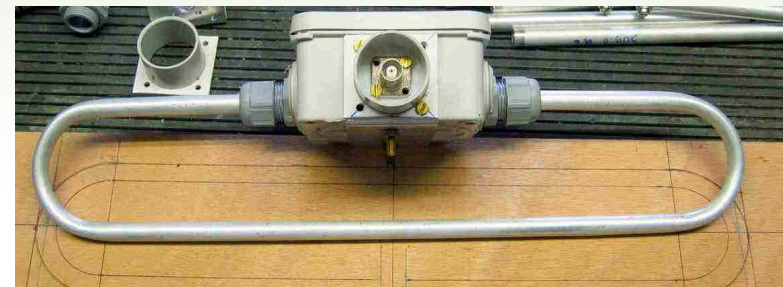
R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- **Doublet demi-onde replié (trombonne)**

- longueur
 - $\lambda/2$
 - la longueur totale du fil mesure une longueur d'onde entière
- impédance
 - 300Ω
 - le fil « retour » doit être proche du fil du dipôle
 - lorsque la forme se rapproche d'un carré (*dont le côté mesure un quart d'onde*), l'impédance de l'antenne en espace libre tend vers 140Ω



Doublet demi-onde replié





R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- **Antenne quart d'onde verticale (GP)**

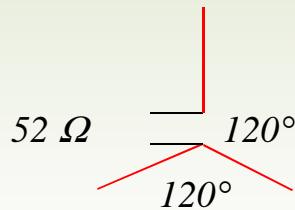
- la partie manquante du dipôle (2ème quart d'onde) est remplacé par :
 - le sol ou une masse métallique (*contrepois*)
 - plan de sol (radiants)

- **longueur**

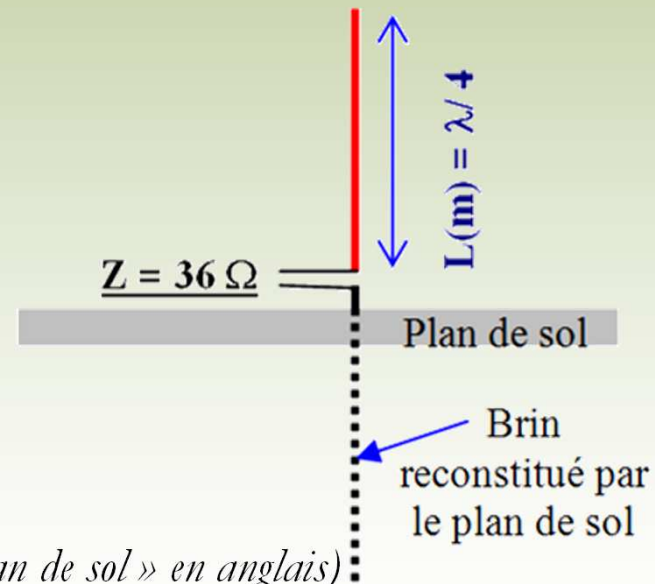
- $\lambda/4$

- **impédance**

- 36Ω
- 52Ω lorsque les radiants sont à 120°



- GP signifie **Ground Plane** (« plan de sol » en anglais)
- on préférera utiliser un sol conducteur (glaise humide plutôt que granit sans végétation) ou on le rendra plus performant en enterrant des radiants



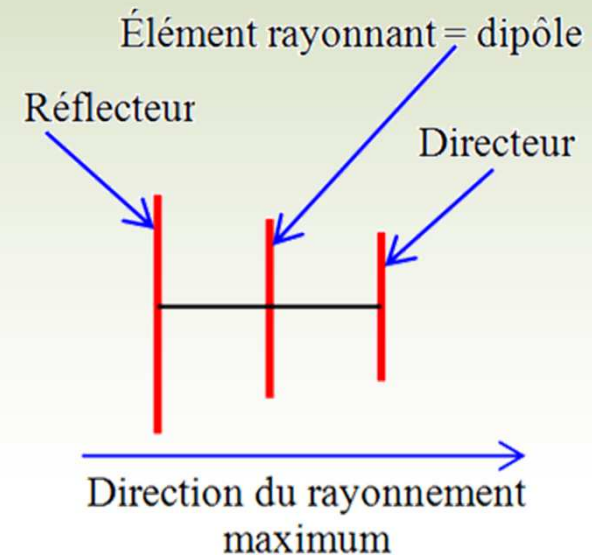


R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- **Antenne directive Yagi (beam)**
 - en ajoutant des **éléments parasites**, on déforme les lobes de rayonnement du brin rayonnant en concentrant l'énergie dans une direction
 - les brins les **plus courts** sont devant (brins **directeurs**)
 - les brins les **plus longs** sont les **réflecteurs**

- **impédance**

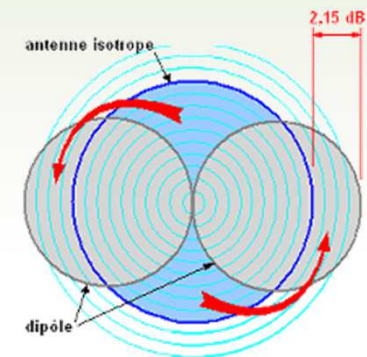
- dans une antenne Yagi, plus il y a d'éléments parasites, plus son gain est important, plus son impédance est faible
- la distance entre les éléments joue un rôle important dans la mise au point de l'antenne.





R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- Le **gain d'une antenne** se mesure dans la direction maximum de rayonnement (*vers l'avant où les éléments sont plus courts*).
- Le gain d'une antenne se calcule **en dB**
 - par rapport à l'antenne doublet (dB_d)
 - ou par rapport à l'antenne isotropique (dB_{iso}).
 - ou encore par rapport à la puissance émise vers l'arrière de l'antenne (gain avant/arrière d'une antenne directive)
- L'**antenne isotropique** est une antenne idéale et n'existe que dans la tête des physiciens :
 - c'est un point qui rayonne uniformément
 - son diagramme de rayonnement est une sphère.
 - le doublet demi-onde a un **gain de 2,15 dB** par rapport à l'antenne isotropique.

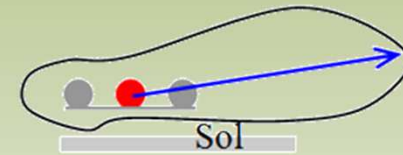
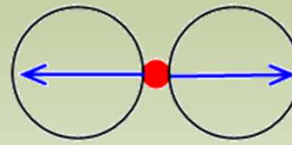
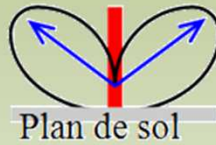
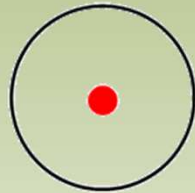




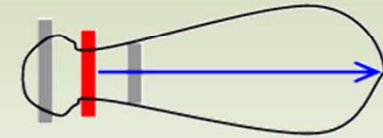
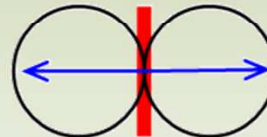
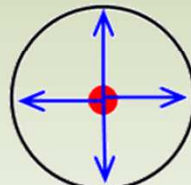
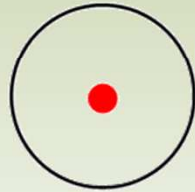
R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- Les diagrammes de rayonnement

Rayonnement vertical
(vu de côté)



Rayonnement horizontal
(vu du dessus)

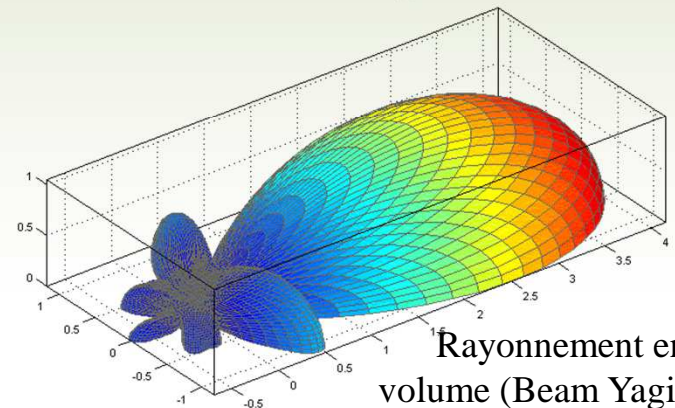


Antenne isotropique

Quart d'onde


Doublet

Beam Yagi





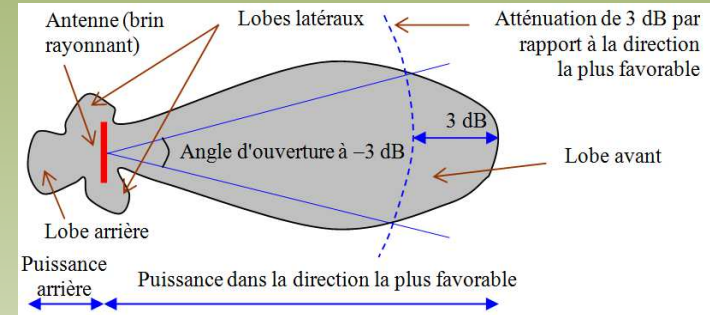
R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

- La **puissance apparente rayonnée (P.A.R.)** est :
 - la puissance d'alimentation de l'antenne
 - multipliée par le rapport arithmétique correspondant au gain de l'antenne par rapport au doublet (*il faut transformer préalablement les dBd en rapport de puissance*).
 - égale 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.
 -  des calculs (simples) de PAR et de PIRE seront présentés **dans le prochain cours. Patience !**
 - *la PAR est à déclarer dans le cadre du décret du 17/12/07 modifié*



R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

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



- **Rapport avant/arrière**
 - se mesure en dB (pour les antennes directionnelles)
- **Polarisations** : selon la position du brin rayonnant, l'onde rayonnée est polarisée verticalement ou horizontalement.



Quelques questions récentes !

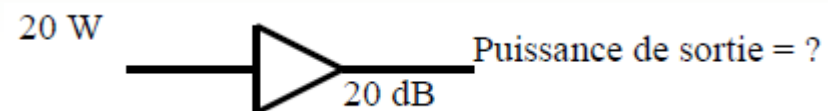
- *il existe aussi des polarisations circulaires (droite ou gauche) et obliques*
- **Couplage d'antennes** :
 - coupler idéalement 2 antennes permet de doubler la PAR (gain de $+3$ dB)
 - coupler idéalement 3 antennes multiplie par 3 la PAR
 - coupler idéalement 4 antennes multiplie par 4 la PAR (gain de $+6$ dB)



Les questions posées à l'examen

• Les décibels

- Rapport de puissance correspondant à un gain de 6 dB ?
 - 4 – *bonne réponse*
 - 2
 - 8
 - 12
- Quelle est la puissance en sortie d'un émetteur de 25 W suivi d'un amplificateur de 20 dB de gain ?
 - 2500 W – *bonne réponse* *Calcul simple réalisable sans calculette : 20dB => x 100 ; 25 x 100 = 2500*
 - 5 W
 - 20 W
 - 500 W
- Quelle est la PAR ?
 - 43 W
 - 80 W – *bonne réponse*
 - 120 W
 - 160 W
- Puissance de sortie ?
 - 40 W
 - 200 W
 - 400 W
 - 2000 W – *bonne réponse*





Les questions posées à l'examen

- **Les gammes d'ondes**
 - Symbole des ondes myriamétriques
 - VLF – *bonne réponse*
 - UHF
 - VHF
 - SHF
 - Étendue des ondes décimétriques
 - 0,3 à 3 GHz – *bonne réponse*
 - 3 à 30 GHz
 - 30 à 300 GHz
 - 3 à 30 MHz
 - Longueur d'onde des ondes décimétriques
 - 100 m – 10 m
 - 10 m – 1 m
 - 1 m – 10 cm – *bonne réponse*
 - 10 cm – 1 cm



Nombreuses questions
récentes !



Les questions posées à l'examen

• Les antennes

- Quelle est l'impédance du doublet demi-onde replié par rapport à un "doublet classique" ?
 - le quadruple – **bonne réponse** ($300 / 73 = 4,11$ - la réponse est arrondie)
 - le double
 - la même
 - la moitié
- Quelle antenne ne peut utiliser un radioamateur ?
 - Yagi
 - 5/8
 - isotrope – **bonne réponse** (cette antenne n'existe pas...)
 - omnidirectionnelle
- Quelle est l'affirmation vraie sur une antenne Yagi :
 - le fait d'ajouter des éléments diminue l'impédance – **bonne réponse**
 - le rayonnement est parallèle au dipôle – *faux : perpendiculaire*
 - l'élément directeur est plus long que le brin rayonnant – *faux : plus court*
 - tous les éléments sont des brins rayonnants – *faux : il n'y a qu'un brin rayonnant et des éléments parasites.*



Pas (ou peu) de calcul !

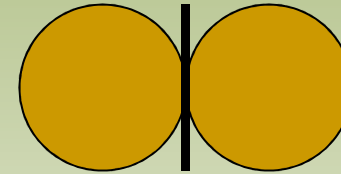


Les questions posées à l'examen

• Les antennes

• A quelle antenne correspond ce diagramme de rayonnement ?

- doublet demi-onde – *bonne réponse*
- Yagi
- GP
- $\frac{1}{4}$ d'onde



• Unité du rapport avant/arrière d'une antenne ?

- décibels – *bonne réponse*
- volts
- mètres
- hertz



Pas (ou peu) de calcul !

• Polarisation d'une antenne GP ?

- verticale – *bonne réponse* (*antenne GP = quart d'onde vertical*)
- horizontale
- circulaire
- omnidirectionnelle – *faux : ne pas confondre polarisation et directivité*

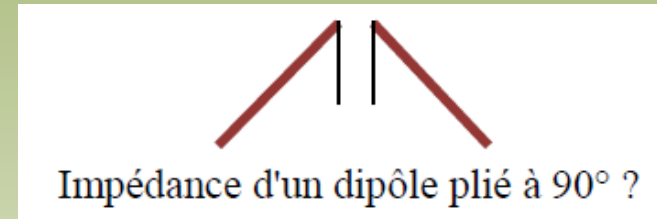
Dans une antenne GP ou un doublet, la position du brin rayonnant détermine la polarisation du champ électromagnétique générée par l'antenne



Les questions posées à l'examen

- **Les antennes**

- impédance d'un dipôle plié à 90 degrés ?
 - 36 ohms
 - 52 ohms
 - 73 ohms
 - 90 ohms



- **Les antennes (exemples de questions hors programme)**

- ***Au centre d'un doublet demi-onde, les valeurs U et I sont :***
 - U mini et I maxi – **bonne réponse**
 - U = 0 et I maxi
 - U maxi et I mini
 - U maxi et I = 0 (*valeurs de U et de I aux extrémités du doublet demi-onde ; à cet endroit I est bien nul et non pas minimum*)
- ***Quel est le gain d'une antenne 5/8 ?***
 - supérieur au gain de l'antenne GP – **bonne réponse**
 - inférieur au gain de l'antenne quart d'onde vertical
 - identique au gain d'un quart d'onde vertical dont les radiants sont à 120 °
 - cette antenne n'existe pas.

Le gain théorique de cette antenne est de 4,6 dBi, soit un peu plus de 2 dB par rapport à une antenne quart d'onde vertical classique



Questions hors programme à mon opinion !

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 "*Formation F6GPX*"

f6kgl.f5kff@free.fr

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