

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

Réglementation

Chapitre 5 – Première partie

Puissance, dB, gammes d'onde et antennes

Ce document a servi pour le cours enregistré le 18/11/2022.

Ce document (*PDF*), le fichier audio (*MP3*) et le lien de la vidéo (*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/>





R-5) Connaissances techniques de base

Attention : ce chapitre (traité en 2 parties) 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*



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, rapport d'onde stationnaire (*avant mars 2021 = 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)



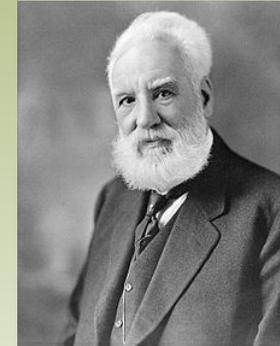
R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB)



- 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.

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

- 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
- 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*)
- Certains décibels expriment une puissance (puissance en **dBW** : par rapport à 1 watt ; en **dBm** ou **dB_μ** : par rapport à 1 milliwatt (mW) ou 1 microwatt (μW))



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

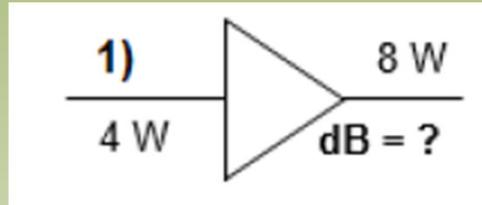


R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB)

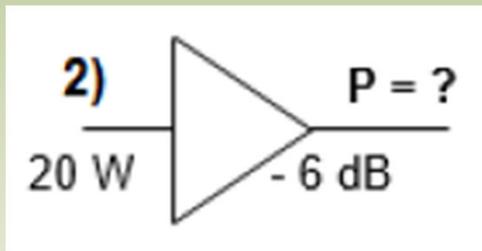


	20 dB	x 100
	10 dB	x 10
	6 dB	x 4
	3 dB	x 2
	0 dB	identique
	-3 dB	1/2
	-6 dB	1/4
	-10 dB	1/10
	-20 dB	1/100
Gain exprimé en décibel (dB)		
Rapport de puissance Sortie/Entrée		

Exemples de calcul sur les décibels :



- rapport = $8 / 4 = 2$, soit **3 dB**



- -6 dB correspond à un rapport de $1/4$
P = $20 / 4 =$ **5 W**

Un émetteur délivre une puissance de 4 W. La puissance des émissions non désirées générées par l'émetteur est atténuée de -26 dBc.

- Quelle est la puissance de l'émetteur (en dBW) ?
 - 4 W correspond à **6 dBW**
- Quelle puissance ont les émissions non désirées (en W) ?
 - $6 \text{ dBW} - 26 \text{ dBc} = -20 \text{ dBW} =$ **1/100 W**



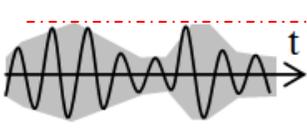
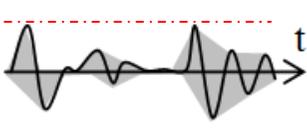
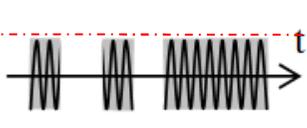
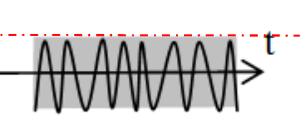
Limite hors programme !



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 (AIA)	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 :**
- un émetteur consomme 100 watts. Sa puissance de sortie est 60 watts. Quel est son rendement ?
 - Rendement = (Puissance utile x 100) / Puissance consommée = (60 x 100)/100 = 0,6 = **60%**
 - la puissance consommée mais non émise est dissipée (perdue en chaleur) et est égale à 40 W (= 100 – 60)



Question ancienne !

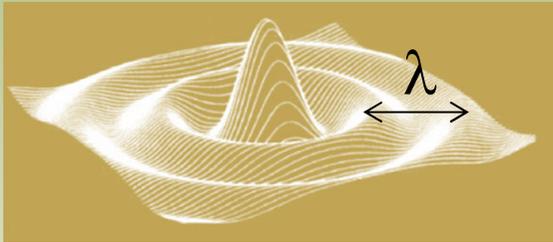


R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



Relation longueur d'onde / fréquence

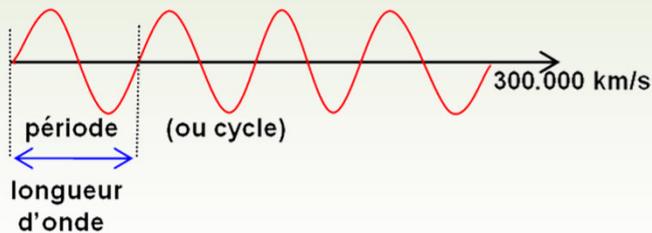
- La **longueur d'onde** (λ , en mètres) est la distance parcourue dans le vide (ou dans l'air) par l'onde au cours d'une durée égale à la période du signal.



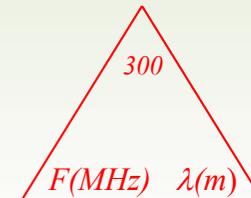
Modélisation « goutte d'eau »

- 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



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

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

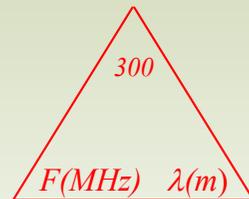


R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



- 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	millimétriques	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 (partie technique de l'examen).*
*voir aussi page **CNFRA** dans Radio-REF de février 2011*





R-5.2) Types et caractéristiques des antennes

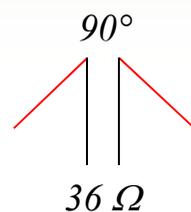
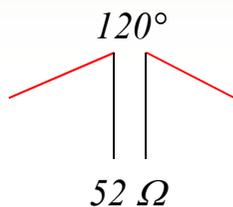
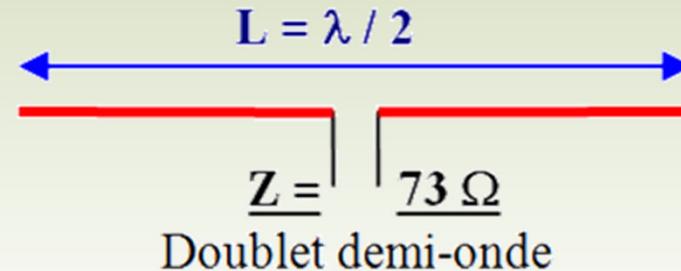


- **Doublet demi-onde (dipôle)**

- antenne de base
- **alimentée par son milieu** \Rightarrow 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°)*



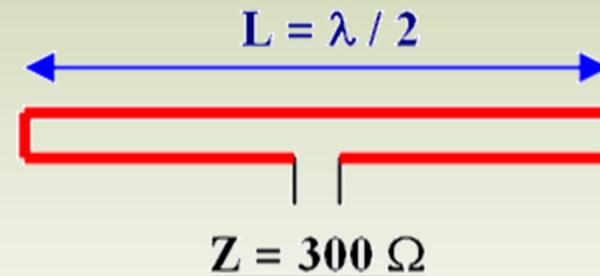


R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



- **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 remplacée par :
 - le sol ou une masse métallique (*contrepois*)
 - plan de sol (radiants)

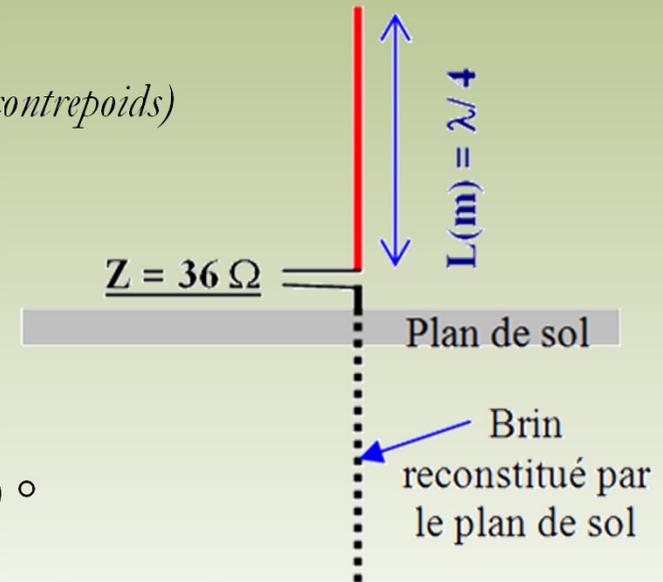
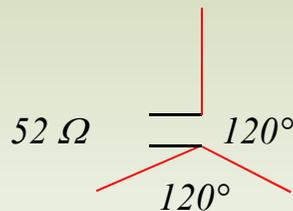
- longueur

- $\lambda/4$

- impédance

- 36Ω

- 52Ω lorsque les radiants sont à 120°



- GP signifie **Ground Plane** (« plan de sol » en anglais)
- on préférera un **sol conducteur** (glaise humide plutôt que granit sans végétation) ou on rendra le sol plus performant en enterrant des **radiants**
- un **brin plus court** que le quart d'onde peut être utilisé. L'antenne est rallongée artificiellement grâce à une **bobine** (positionnée à la base ou au milieu du brin) ou une **capacité terminale** (au sommet de l'antenne). Le quart d'onde raccourci présente une impédance plus faible à la résonance.



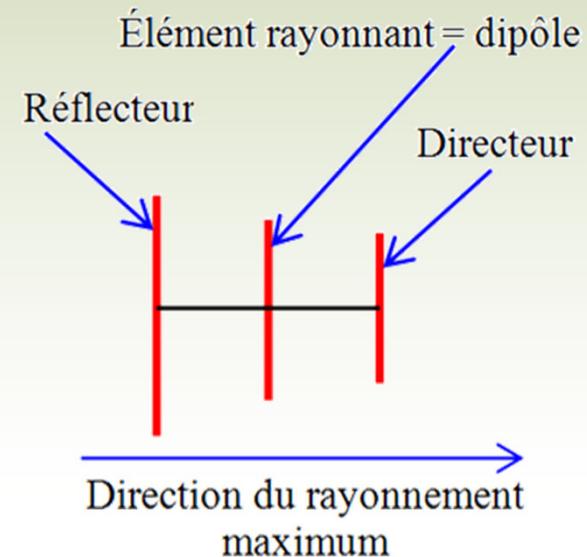
R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



- **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.

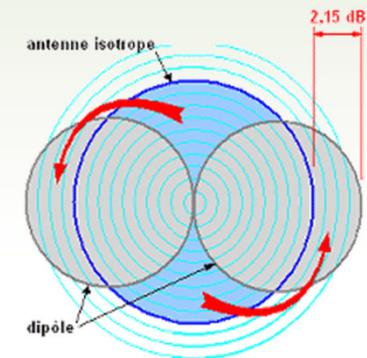




R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



- 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 mesure **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.

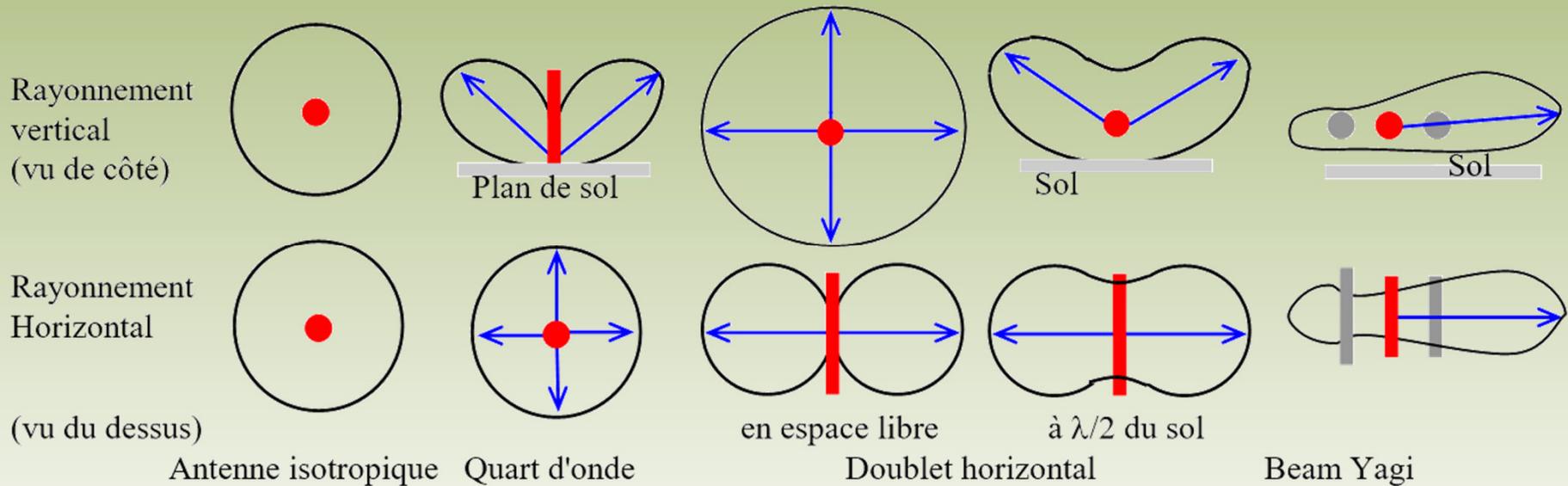




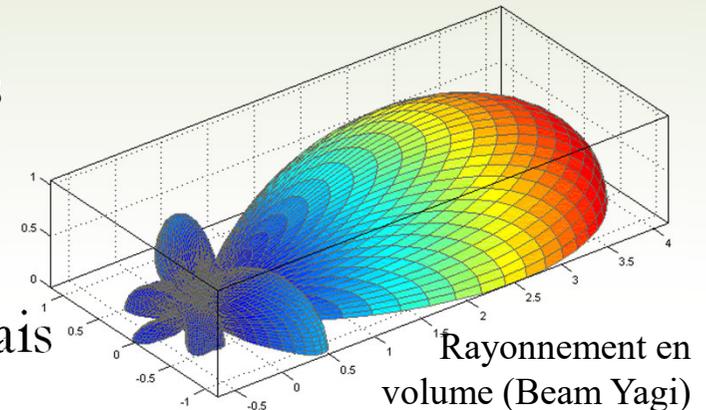
R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



- Les diagrammes de rayonnement



- Les surfaces sont proportionnelles à la puissance rayonnée
- La représentation en volume n'est pas au programme de l'épreuve mais permet de mieux comprendre.





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.



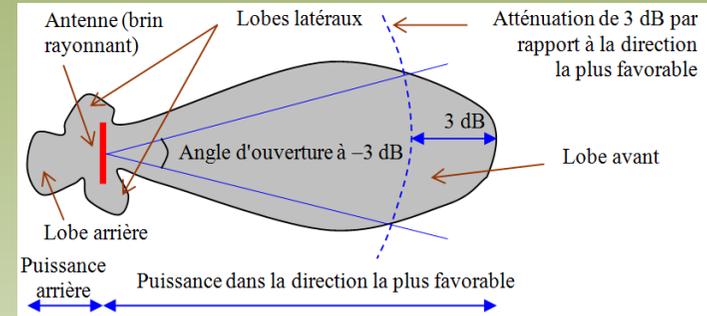
- des calculs (simples) de PAR et de PIRE seront présentés **dans le prochain cours. Patience !**
- la PAR est à déclarer dans le cadre du décret du 17/12/07 modifié



R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



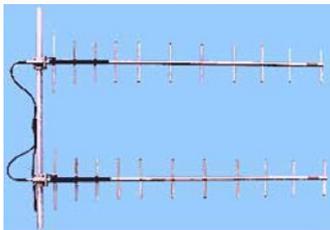
- **L'angle d'ouverture** d'une antenne est l'écart d'angle entre les directions pour lesquels la puissance rayonnée est la moitié (-3 dB) de la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable.



- **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.
 - il existe aussi des polarisations circulaires (droite ou gauche) et obliques
- **Couplage d'antennes** :



Quelques questions récentes !



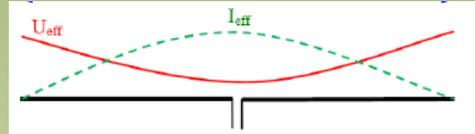
- coupler idéalement 2 antennes permet de doubler la PAR (gain de $+3$ dB)
- coupler idéalement 3 antennes multiplie par 3 la PAR
- coupler idéalement 4 antennes multiplie par 4 la PAR (gain de $+6$ dB)

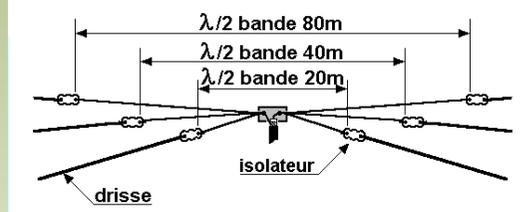


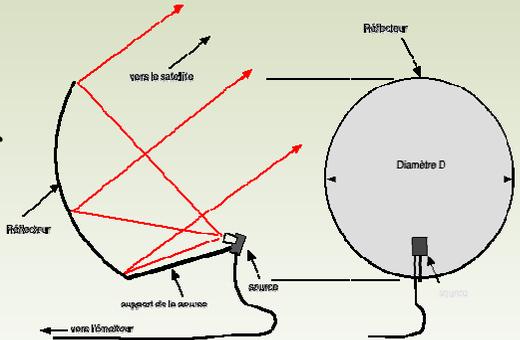
R-5.2) Types et caractéristiques des antennes



- La **répartition des tensions et intensités** le long d'un brin rayonnant n'est pas au programme bien que quelques questions aient été relevées.


- De même, des questions portant sur les **multi-doublets** et les **antennes à trappes** qui sont des antennes multibandes ont été recensées et seront étudiées dans la partie technique (voir §9.4 et suivants)


- Certaines antennes, utilisées dans les très hautes fréquences (SHF et au-delà) emploient des **réflecteurs paraboliques** (ou paraboles) qui réfléchissent les ondes et concentrent les rayonnements sur un foyer, où est placée l'antenne (généralement un doublet).


 - la focale (F) est la distance entre le foyer et le réflecteur. Soit D le diamètre de la parabole, le rapport F/D donne l'angle d'illumination de l'antenne située dans le foyer et la forme du réflecteur (plus ou moins concave).

Radio-Club de la Haute Île



F5KFF / F6KGL

Port de Plaisance

F-93330 Neuilly sur Marne

Le cours de F6KGL

présenté par F6GPX

**Le meilleur moyen pour se préparer à l'examen
du certificat d'opérateur radioamateur**

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 "YouTube en direct".

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>