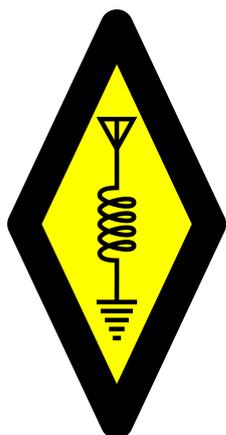


# Cours radioamateur - classe 2 & 3

---

F4HAJ



<http://f4haj.net>  
Août 2012 - version 1.1

# Table des matières

0.1	Préface . . . . .	3
0.2	Licence . . . . .	3
<b>1</b>	<b>Quelques rappels</b>	<b>4</b>
1.1	Multiples et sous-multiples . . . . .	4
1.2	Electricité - montage parallèle et série . . . . .	5
1.2.1	Tension et intensité . . . . .	5
1.2.2	Montage parallèle . . . . .	5
1.2.3	Montage en série . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Réglementation</b>	<b>7</b>
2.1	Tableau des fréquences - région 1 . . . . .	7
2.1.1	Mnémotechnique sur les bandes . . . . .	8
2.2	Spectre et dénomination . . . . .	8
2.3	Classes d'émissions . . . . .	8
2.4	Les préfixes et indicatifs . . . . .	9
2.4.1	Préfixes français & Outre-Mer . . . . .	9
2.4.2	Préfixes étrangers . . . . .	10
2.4.3	Généralités sur les indicatifs . . . . .	10
2.4.4	L'alphabet radio . . . . .	10
2.5	Quelques valeurs à connaître . . . . .	11
2.5.1	Puissance autorisées en France . . . . .	11
2.5.2	Perturbations sur la ligne d'alimentation . . . . .	11
2.5.3	Rayonnements non essentiels . . . . .	11
2.5.4	Excursion de fréquence . . . . .	11
2.5.5	Stabilité des émetteurs . . . . .	11
2.6	Remarques diverses . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Technique</b>	<b>12</b>
3.1	Résistance . . . . .	12
3.1.1	Résistances équivalentes . . . . .	12
3.2	Les bobines et selfs . . . . .	13
3.2.1	Impédance d'une bobine . . . . .	13
3.2.2	Bobines en série . . . . .	13
3.2.3	Bobines en parallèle . . . . .	13
3.3	Les condensateurs . . . . .	13
3.3.1	Généralités . . . . .	14
3.3.2	Impédance d'un condensateur . . . . .	14
3.3.3	Les condensateurs en série . . . . .	14
3.3.4	Les condensateurs en parallèle . . . . .	14

3.4	Résumé formules . . . . .	15
3.5	Les couplages des bobines et des condensateurs . . . . .	15
3.5.1	Fréquence de résonance . . . . .	15
3.5.2	Impédance à la fréquence de résonance d'un RLC . . . . .	15
3.5.3	Les filtres . . . . .	16
3.6	Les transformateurs . . . . .	17
3.6.1	Rapport de tension . . . . .	18
3.6.2	Puissance et transformateur . . . . .	18
3.7	Les amplificateurs opérationnels . . . . .	19
3.7.1	Généralités . . . . .	19
3.7.2	Montage inverseur . . . . .	19
3.7.3	Montage non-inverseur . . . . .	19
3.8	Les antennes . . . . .	19
3.9	Les formules de base . . . . .	20
3.10	Équivalences dans les unités . . . . .	20
3.11	Les dB . . . . .	20
3.12	Les phases . . . . .	20
3.13	Type de modulation . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Pour aller plus loin</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Annexes</b>	<b>24</b>
5.1	Tableau des fréquences (complet) - région 1 . . . . .	24
5.2	Les classes d'émissions . . . . .	25
5.3	Le code morse . . . . .	26
	<b>Bibliographie</b>	<b>27</b>

---

## 0.1 Préface

---

Ce document était à la base un simple memento destiné à mon usage propre en vue du passage des licences classe 2 et 3 d'opérateur du service amateur. Il est devenu, au fur et à mesure de mon apprentissage, un document résumant de façon synthétique (je pense), les principales notions nécessaires à la préparation de ces licences. Ce document m'a permis de préparer et de passer simultanément et avec succès les examens de législation et de technique, et ceci en seulement 2 mois de préparation.

J'ai décidé de le diffuser car je trouve qu'il n'est pas facile de trouver sur Internet des cours à la fois complets et synthétiques pour la préparation de la licence radioamateur française.

Je ne prétend pas que l'approche adoptée dans ce document conviendra à tout le monde. Ce document regroupe les principales notions et formules à connaître. Il peut servir de base pour la préparation d'une licence ou encore de memento pour le maintien des connaissances après l'obtention de la licence. Je continue de penser que l'adhésion à un radioclub demeure indispensable, ne serait-ce que pour donner un certain synergisme à cet apprentissage passionnant mais qui peut parfois paraître fastidieux. Par ailleurs, les informations et conseils que pourront vous fournir les membres d'un radioclub seront toujours utiles et bienvenus, y compris après l'obtention de la licence (conseil sur le matériel, le montage d'une antenne...).

Enfin, ce document est destiné à évoluer. Je souhaite ajouter de nouvelles notions prochainement pour ceux qui souhaiteraient aller plus loin. Par ailleurs, je suis ouvert à toutes critiques ou commentaires constructifs concernant ce document, sur le fond comme sur la forme. N'hésitez donc pas à me contacter concernant toute erreur, omission, faute d'orthographe ou manque dans ce documents, à l'adresse [contact@f4haj.net](mailto:contact@f4haj.net).

---

## 0.2 Licence

---

Ce document est diffusé sous licence Creative Commons 3.0 by-nc-sa dont les termes sont disponibles sur le site [CreativeCommons.org](http://creativecommons.org)<sup>1</sup>. De façon synthétique, cette licence **vous autorise à redistribuer et à modifier ce document tant que vous le souhaitez tant que vous me citez en tant qu'auteur original** (un lien vers la version vous ayant servi de base est souhaité). En cas de diffusion de la version modifiée, vous avez l'obligation de la diffuser sous la même licence. Toute utilisation commerciale est en revanche proscrite. Si vous souhaitez **faire un usage dépassant le cadre de cette licence** (donc utilisation commerciale, diffusion sous une autre licence...), vous devez **impérativement obtenir mon autorisation expresse écrite**. Pour cela vous pouvez me contacter à l'adresse [contact@f4haj.net](mailto:contact@f4haj.net). Je tiens par ailleurs à votre disposition le fichier source  $\text{\LaTeX}$  de ce document sur simple demande.

---

1. Termes disponibles à cette adresse : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>



# Quelques rappels

## 1.1 Multiples et sous-multiples

Nous verront plus loin que dans de nombreux cas, on est amené à manipuler des chiffres importants (de l'ordre du million par exemple) ou au contraire très petits (de l'ordre du millième de milliardième). Par exemple, une résistance pourrait avoir une valeur de  $1000000\Omega$  (un million d'ohms). Ou encore, un condensateur (nous verront ce que c'est plus loin), une capacité de  $0,000000000001F$  (un millionième de milliardième de Farad). Ces valeurs, avec un grand nombre de 0, ne sont ni simples à lire, ni très pratiques, car on peut facilement oublier ou ajouter un 0, ce qui changera le résultat final. Pour éviter ce problème, on a inventé des multiples et des sous multiples. Vous en utilisez déjà dans la vie des tous les jours, avec les distances par exemple. Tout le monde connaît les mètres, auxquels on a ajouté le kilomètre ( $1000m$ ) et le millimètre (1 millième de mètre soit  $0,001m$ ). Entre le milli et le kilo, on trouve le centimètre ( $0,01m$ ), le décimètre ( $0,1m$ ), le mètre ( $1m$ ), le décamètre ( $10m$ ) et enfin l'hectomètre ( $100m$ ). Ces unités, on les utilise tous les jours, et il y a fort à parier que vous savez pas sans trop de problèmes de l'une à l'autre.

Comme ces unités "usuelles" ne sont pas encore assez grandes (ou assez petites) pour nos besoins, on en a inventé d'autres. Commençons par les multiples :

Symbole	Giga G	Méga M	Kilo K	Hecto h	Deca da	unité
Nombre de 0 à ajouter	9	6	3	2	1	0

Les sous multiples :

Symbole	unité	deci d	centi c	milli m	micro $\mu$	nano n	pico p
Nombre de 0 à ajouter	0	1	2	3	6	9	12

Enfin, le tableau entier :

Giga G	Méga M	Kilo K	Hecto h	Deca da	unité	deci d	centi c	milli m	micro $\mu$	nano n	pico p
-----------	-----------	-----------	------------	------------	-------	-----------	------------	------------	----------------	-----------	-----------

Ainsi, vous entendrez parfois un radioamateur qu'il a fait du "décamétrique". Cela signifie donc qu'il a trafiqué dans les bandes dont les unités se comptent en dizaines de mètres. La longueur d'onde utilisée va donc de 10 m à 100 m (donc de 1 à 10 dam).

Il faut faire très attention aux unités, car il n'est pas possible d'additionner deux grandeurs qui ne se trouvent pas dans les mêmes unités. Par exemple, on vous demande de donner la valeur de la somme de deux résistances. La première fait  $7,6M\Omega$  (7,6 mégaohm) et la deuxième fait  $15k\Omega$  (15 kilohm). Un candidat distrait fera la somme  $7,6 + 15 = 21,6$  et répondra faux. Pour additionner, il faut remettre toutes les valeurs dans les mêmes unités. C'est très simple avec un tableau :

Giga			Méga			Kilo			Hecto	Deca	unité	deci	centi	milli	micro	nano	pico	
G			M			K			h	da		d	c	m	$\mu$	n	p	
					7	6	0	0	0	0	0							
						1	5	0	0	0	0							
					7	6	1	5	0	0	0							

## 1.2 Electricité - montage parallèle et série

### 1.2.1 Tension et intensité

Il existe 2 valeurs fondamentales lorsque l'on parle d'électricité : la tension et l'intensité. Ces 2 notions sont très importantes à connaître car elles servent de base pour l'ensemble des autres mesures que l'on peut faire sur un circuit électrique ! Il est également nécessaire de savoir comment mesurer ces valeurs.

#### La tension

La tension existe parce qu'il existe une **différence de potentiel** entre les bornes d'un générateur. Mais qu'es-ce que la différence de potentiel ? Prenons un chute d'eau (une cascade par exemple). La différence de hauteur entre le point haut de la chute et le point bas représente la différence de potentiel.

La tension se mesure en volts (symbole V), à l'aide d'un **voltmètre**. Un voltmètre se **se place toujours en dérivation** dans un circuit.

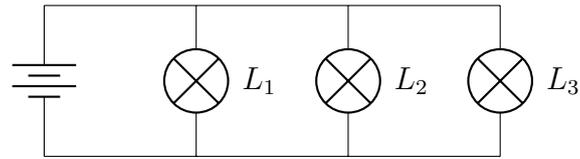
Propriétés d'un voltmètre

- Résistance très élevée (un voltmètre parfait aurait une résistance infinie)
- Se place en parallèle dans le circuit

#### L'intensité

### 1.2.2 Montage parallèle

Le montage d'un circuit en parallèle (on parle également de montage en dérivation) est le montage le plus répandu, et pour cause, c'est ce montage qui est utilisé dans les circuits électriques de nos habitations. Dans ce montage, tous les 2 bornes des consommateurs sont reliées directement aux 2 bornes du générateur.

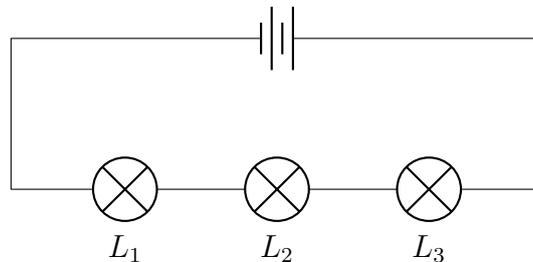


Les propriétés d'un circuit parallèle sont les suivantes :

- La tension est la même aux bornes de tous les consommateurs
- L'intensité débitée par le générateur est égale à la somme des intensités des consommateurs
- Si un consommateur est débranché ou cesse de fonctionner, les autres consommateurs continuent de fonctionner normalement

### 1.2.3 Montage en série

On parle de montage en série lorsque les éléments d'un circuit sont branchés les uns à la suite des autres.



Les propriétés d'un circuit série sont les suivantes :

- La tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions mesurée aux bornes de chaque consommateur
- L'intensité du courant dans un circuit série est la même en tout points du circuit
- Le débranchement ou la panne de l'un des consommateurs provoque l'arrêt des autres consommateurs (le circuit n'est plus fermé)

# 2

## Réglementation

### 2.1 Tableau des fréquences - région 1

Voici un tableau présentant les bandes de fréquences les plus souvent demandées à l'examen. Un tableau complet est disponible en annexe, section 5.1, page 24.

Bande		Statut	Longu- -eur	Largeur de la bande	Sat
Limite basse	Limite haute				
135,7 kHz	137,8 kHz	bande partagée statut secondaire	2222 m	2,1 kHz	
1,810 MHz	1,850 MHz	bande exclusive	160 m	40 kHz	
3,500 MHz	3,800 MHz	bande partagée à égalité de droit	80 m	300 kHz	
7,000 MHz	7,200 MHz	bande exclusive	40 m	200 kHz	↑↓
10,100 MHz	10,150 MHz	bande partagée statut secondaire	30 m	50 kHz	
14,000 MHz	14,350 MHz	bande exclusive	20 m	350 kHz	↑↓
18,068 MHz	18,168 MHz	bande exclusive	17 m	100 kHz	↑↓
21,000 MHz	21,450 MHz	bande exclusive	15 m	450 kHz	↑↓
24,890 MHz	24,990 MHz	bande exclusive	12 m	100 kHz	↑↓
28,000 MHz	29,700 MHz	bande exclusive	10 m	1,7 MHz	↑↓
50,200 MHz	51,200 MHz	bande partagée statut dérogatoire	6 m	1 MHz	
144,00 MHz	146,00 MHz	bande exclusive	2 m	2 MHz	↑↓
430,00 MHz	434,00 MHz	bande partagée statut secondaire	70 cm	4 MHz	
434,00 MHz	440,00 MHz	bande partagée à égalité de droit	70 cm	6 MHz	↑ *
1240,0 MHz	1300,0 MHz	bande partagée statut secondaire	23 cm	60 MHz	↑

### 2.1.1 Mnémotechnique sur les bandes

1. Bandes à statut exclusif : 1,8 MHz + multiples de 6 + multiples de 7
2. Bande partagée à statut secondaire : 135.7 kHz + bandes dont la limite basse est multiple de 10 (sauf 50 MHz dérogatoire)
3. Toutes les autres bandes sont à égalité de droits

## 2.2 Spectre et dénomination

Désignation	Fréquence	Longueur d'onde	Appellation
VLF	3 kHz à 30 kHz	100 km à 10 km	Ondes myriamétriques
LF	30 kHz à 300 kHz	10 km à 1 km	Ondes kilométriques
MF	300 kHz à 3 MHz	1 km à 100 m	Ondes hectométriques
HF	3 MHz à 30 MHz	100 m à 10 m	Ondes décamétriques
VHF	30 MHz à 300 MHz	10 m à 1 m	Ondes métriques
UHF	300 MHz à 3 GHz	1 m à 10 cm	Ondes décimétriques
SHF	3 GHz à 30 GHz	10 cm à 1 cm	Ondes centimétrique
EHF	30 GHz à 300 GHz	1 cm à 1 mm	Ondes millimétriques

## 2.3 Classes d'émissions

Les classes d'émissions est un système codifié, mis en place et reconnu par l'UIT et qui permet d'identifier les classes d'émissions.

Voici les principales classes utiles en France (classes à connaître pour l'examen). Il existe d'autres classes d'émissions, le tableau complet est disponible en section 5.2, page 25.

Symbole	Signification	Mnémotechnique
<b>A</b>	Modulation d'amplitude, double bande latérale, porteuse normale	<b>A</b> comme <b>a</b> mplitude
<b>R</b>	Modulation d'amplitude, bande latérale unique, porteuse réduite	<b>R</b> comme <b>r</b> éduite
<b>J</b>	Modulation d'amplitude, bande latérale unique, porteuse supprimée	<b>J</b> comme <b>j</b> amais de sous porteuse
<b>C</b>	Modulation d'amplitude, bande latérale résiduelle	<b>C</b> comme <b>C</b> résiduelle (résiduelle)
<b>F</b>	Modulation de fréquence	<b>F</b> comme <b>F</b> réquence
<b>G</b>	Modulation de phase	on utilise une antenne en hélice, comme un <b>G</b>
<b>1</b>	Signal digital sans emploi d'un sous porteuse modulance	Le <b>1</b> est <b>sans emploi</b>
<b>2</b>	Signal digital avec emploi d'une sous porteuse modulante	Le <b>2</b> est <b>avec emploi</b>
<b>3</b>	Signal analogique (voix, image...)	

<b>7</b>	Plusieurs voix contenant de l'information numérique	
<b>A</b>	Télégraphie pour réception auditive	<b>A</b> comme <b>auditive</b>
<b>B</b>	Télégraphie pour réception automatique	<b>B</b> comme <b>bécane</b>
<b>C</b>	Fac-similé	<b>C</b> comme <b>Fac</b> ou <b>copie</b>
<b>D</b>	Transmission de données par paquets	<b>D</b> comme <b>données</b>
<b>E</b>	Téléphonie	<b>E</b> comme <b>écoute</b>
<b>F</b>	Télévision	<b>F</b> comme <b>France 3</b>

Ainsi, A3E signifiera Téléphonie (E), signal analogique, modulation d'amplitude.

Les classes terminant par W (par exemple F7W, correspondant au D-Star), qui correspondent à la combinaison de différents types d'informations transmises (son + données par exemple) ne sont pas autorisées en France.

## 2.4 Les préfixes et indicatifs

### 2.4.1 Préfixes français & Outre-Mer

F	France	FH	Mayotte
FG	<b>G</b> uadeloupe	FS	<b>S</b> aint-Martin
FJ	Saint-Barthélémy	FM	<b>M</b> artinique
FK	Nouvelle- <b>C</b> alédonie	FP	Saint- <b>P</b> ierre-Et-Miquelon
FO	<b>P</b> olynsie	FT	<b>T</b> erres australes/Antarctique
FR	<b>R</b> éunion	FX	Satellites français du service RA
FW	<b>W</b> allis et Futuna	FY	<b>G</b> yane
TK	Corse	TM	préfixe spécial (valable 15 jours)
TO	Préfixe spécial (DOM)	TX	préfixe spécial (TOM)
F5V	Radioamateur étranger résidant en France depuis plus de 3 mois et membre d'un pays CEPT	F4W	Radioamateur étranger résidant en France depuis plus de 3 mois dont la pays d'origine n'est pas membre de la CEPT mais appliquant la TR/61-01 ou ayant un accord de réciprocité avec la France
F5X	Balise (ou F1)	F5Y	Relais numérique (ou F1)
F5Z	Relais analogique (ou F1)		

### 2.4.2 Préfixes étrangers

Liste des 50 pays membres de la CEPT (Conférence Européenne des administrations des Postes et Télécommunications).

CU	Açores	ZA	Albanie	DL	Allemagne
C3	Andorre	M	Angleterre	OE	Autriche
ON	Belgique	LZ	Bulgarie	5B	Chypre
9A	Croatie	OZ	Danemark	MM	Écosse
EA	Espagne	ES	Estonie	OH	Finlande
4L	Géorgie	SV	Grèce	OX	Groënland
MU	Guernesey	HA	Hongrie	MD	Ile de Man
OY	Iles Féroé	EI	Irlande	MI	Irlande du Nord
TF	Islande	I	Italie	MJ	Jersey
YL	Lettonie	HB0	Liechtenstein	LY	Lituanie
LX	Luxembourg	9H	Malte	ER	Moldavie
3A	Monaco	LA	Norvège	PA	Pays-Bas
MW	Pays de Galle	SP	Pologne	CT	Portugale
OK	République Tcheque	YO	Roumanie	UA	Russie
T7	Saint Marin	OM	Slovaquie	S5	Slovénie
SM	Suède	HB9	Suisse	TA	Turquie
UT	Ukraine	HV	Vatican		

### 2.4.3 Généralités sur les indicatifs

Utilisation de la station d'un autre opérateur : le radioamateur doit utiliser son indicatif personnel et doit préciser "Portable" car il n'utilise pas la station à l'adresse déclarée à l'ANFR. L'opérateur peut cependant préciser "F5XYZ Portable opérant la station de F6XYZ".

### 2.4.4 L'alphabet radio

Également appelé alphabet international

A	Alpha	J	Juliett	S	Sierra
B	Bravo	K	Kilo	T	Tango
C	Charlie	L	Lima	U	Uniform
D	Delta	M	Mike	V	Victor
E	Echo	N	November	W	Wiskey
F	Fox-trot	O	Oscar	X	X-Ray
G	Golf	P	Papa	Y	Yankee
H	Hotel	Q	Quebec	Z	Zoulou
I	India	R	Romeo		

## 2.5 Quelques valeurs à connaître

---

### 2.5.1 Puissance autorisées en France

- En dessous de 28 MHz : 500 W
- Entre 28 et 29,7 MHz : 250 W
- Au dessus de 29,7 MHz : 120 W

En cas de perturbation radioélectrique , c'est l'ARCEP qui à le pouvoir de réduire à titre personnel et temporaire les puissances d'émissions autorisées.

### 2.5.2 Perturbations sur la ligne d'alimentation

- 2 mW entre 0,15 et 0,5 MHz
- 1 mW entre 0,5 et 30 MHz

### 2.5.3 Rayonnements non essentiels

Le niveau relatif de rayonnements non essentiels au dessus de 40 MHz, mesurée en entrée de la ligne d'alimentation de l'antenne sera :

- inférieur à -50 dB pour les émetteurs de puissance inférieure ou égale à 25 watt
- inférieur à -60 dB pour les émetteurs de puissance supérieure à 25 w

### 2.5.4 Excursion de fréquence

- 3 kHz en dessous de 29,7 MHz
- 7,5 kHz au dessus de 29,7 MHz

### 2.5.5 Stabilité des émetteurs

Précision des fréquences émises :

- 1 kHz en dessous de 29,7 MHz
- fréquence  $\times 10^{-4}$  kHz au dessus de 29,7 MHz

La stabilité sur 10 minutes après 30 minutes de chauffe d'un émetteur doit être supérieure à  $5 \cdot 10^{-5}$  kHz.

## 2.6 Remarques diverses

---

Le seul cas où il est autorisé d'émettre des signaux dans un langage non clair est le cas ou les signaux sont destinés à la commande d'un satellite amateur.

# 3

## Technique

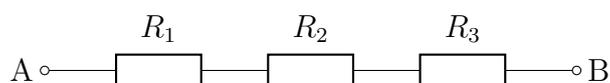
### 3.1 Résistance

Couleur	1er chiffre	2ieme chiffre	Multiplicateur	Tolérance	Mnémotechnique
Noir	0	0	$1 = 10^0$		Ne
Marron	1	1	$10 = 10^1$	1%	Mangez
Rouge	2	2	$100 = 10^2$	2%	Rien
Orange	3	3	$10^3$		Ou
Jaune	4	4	$10^4$		Je
Vert	5	5	$10^5$	0,5%	Vous
Bleu	6	6	$10^6$	0,25%	Batterai
Violet	7	7	$10^7$	0,1%	Violemment
Gris	8	8	$10^8$	0,05%	Gros
Blanc	9	9	$10^9$		Bêta
Or			0,1	5%	
Argent			0,01	10%	

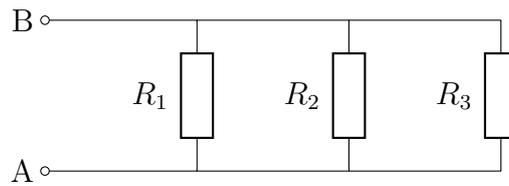
**Remarque** : pour les résistances à trois anneaux (sans anneau de tolérance), commencer par la couleur située le plus près d'une des deux extrémités du composant.

#### 3.1.1 Résistances équivalentes

En série : somme des résistances :  $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$



En parallèle : inverse de la somme des conductances :  $R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$



## 3.2 Les bobines et selfs

Synonymes de bobine : self, inductances. Composant passif dont la valeur est donnée en Henry. Les formules sont similaires à celles des résistances. Une bobine tend à laisser passer le courant continu et à bloquer le courant alternatif.

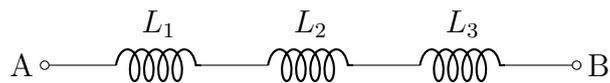
### 3.2.1 Impédance d'une bobine

L'impédance est une résistance dans le cas d'un circuit en courant alternatif.

Une bobine est caractérisée par sa résistance  $R$  et son inductance  $L$ . Dans un circuit parcouru d'un courant alternatif, la bobine oppose sa réactance (= impédance) notée  $X_L$ . On peut poser  $U = I \cdot X_L$  (équivalente à  $U = R \cdot I$  en courant continu). On peut également calculer  $X_L$  de la façon suivante :  $X_L = 2\pi \times f \times L$ .

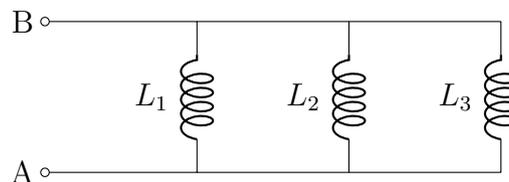
L'impédance calculée précédemment est l'impédance dans le cas d'une bobine parfaite, c'est à dire une bobine sans résistance, n'opposant aucune résistance au passage d'un courant continu. En pratique, toute bobine oppose une résistance  $R$  au passage du courant continu. La formule de l'impédance dans une bobine (d'impédance  $X_L$  et de résistance  $R$ ) placée dans un circuit parcouru par un courant alternatif sinusoïdal de fréquence  $f$  est donc  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2}$ .

### 3.2.2 Bobines en série



Pour 3 bobines en série, on a :  $L = L_1 + L_2 + L_3$

### 3.2.3 Bobines en parallèle



Pour 3 bobines en parallèle, on a :  $L = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}}$

## 3.3 Les condensateurs

Le condensateur bloque le courant continu et tend à laisser passer l'alternatif.

### 3.3.1 Généralités

#### Capacité

La capacité est le rapport entre la tension aux bornes du condensateur et la quantité d'électricité qu'il est susceptible d'emmagasiner :  $C = \frac{Q}{U}$  avec C en Farad, Q en Coulomb et U en volt.

#### Énergie

Un condensateur stock de l'énergie. On peut la calculer à partir des formules suivantes :

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU = \frac{Q^2}{2C} \text{ avec :}$$

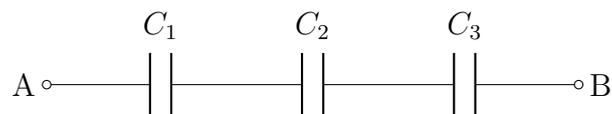
- W en joules
- C en Farad
- Q en Coulomb
- U en volt

### 3.3.2 Impédance d'un condensateur

Un condensateur bloque le courant continu (résistance infinie) et tend à laisser passer le courant alternatif. La formule pour calculer l'impédance  $X_C$  d'un condensateur de capacité  $C$  placé dans un circuit parcouru par un courant alternatif de fréquence  $f$  est donc  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ .

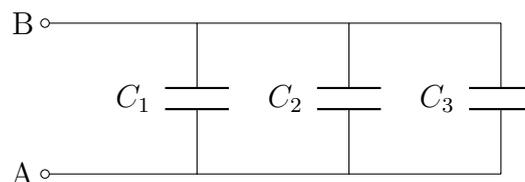
### 3.3.3 Les condensateurs en série

Pour 3 condensateurs en série, la charge totale sera :  $C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$

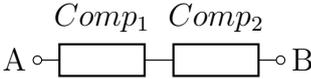
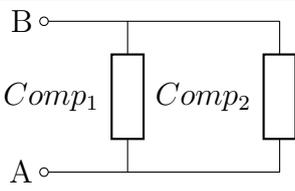


### 3.3.4 Les condensateurs en parallèle

Pour des condensateurs en parallèle, la charge totale est égale à la somme des charges des condensateurs. On a donc  $C = C_1 + C_2 + C_3$



### 3.4 Résumé formules

Composant	Série	Parallele
Schema		
Résistance	$R = \sum R$	$R = \frac{1}{\sum \frac{1}{R}}$
Bobine	$L = \sum L$	$L = \frac{1}{\sum \frac{1}{L}}$
Condensateur	$C = \frac{1}{\sum \frac{1}{C}}$	$C = \sum C$

### 3.5 Les couplages des bobines et des condensateurs

De nombreux assemblages de bobines et de condensateurs sont utilisés en radio.

#### 3.5.1 Fréquence de résonance

Un assemblage d'une bobine d'inductance  $L$  et d'un condensateur de capacité  $C$  présente une fréquence de résonance  $f$  donnée par la formule :  $f = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L \times C}}$ .

#### 3.5.2 Impédance à la fréquence de résonance d'un RLC

Un circuit RLC en parallèle a une impédance  $Z$  à la fréquence de résonance égale à :

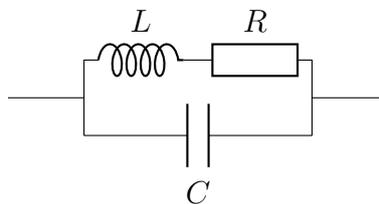
$$Z = \frac{L}{\overline{C}} \cdot \overline{R}$$


FIGURE 3.1 – Circuit RLC en parallèle

Un circuit RLC en série à une impédance  $Z$  à la fréquence de résonance égale à :

$$Z = R$$

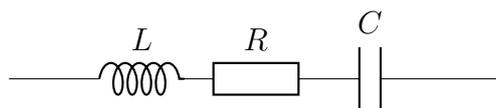
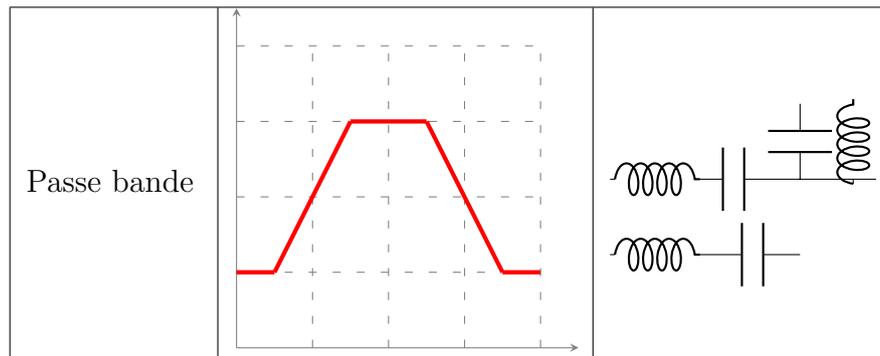


FIGURE 3.2 – Circuit RLC en série

### 3.5.3 Les filtres

Les filtres sont des combinaisons d’une inductance et d’une capacité (bobine et condensateur) et permettent de filtrer un signal. Il existe 4 types de filtres : les filtres passes haut, passe bas, coupe bande et passe bande.

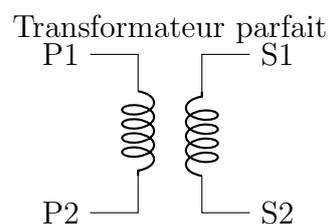
Type	Graphique de réponse	Montage
Passe-bas		
Passe-haut		
Coupe bande		



## 3.6 Les transformateurs

Lors de l'examen, il ne sera considéré que le cas des transformateurs dits parfaits, c'est à dire dont le rendement est égale à 100%. Dans la réalité, ce genre de transformateur n'existe pas, des pertes sont toujours présentes, et elles se manifestent par un échauffement du transformateur (perte par effet Joule : toute l'énergie transformée en chaleur est "perdue").

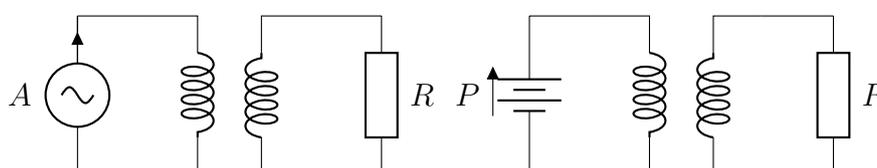
Le transformateur est représenté dans les circuits par le schema suivant :



On distingue 2 "circuits" sur un transformateur : le primaire et le secondaire. On branche l'alimentation sur le primaire (donc sur le schmé ci-dessus, on branche l'alimentation sur les bornes P1 et P2 (connexion au primaire) et on récupere le courant sur le secondaire (donc entre les bornes S1 et S2).

On peut constater que la représentation du transformateur fait figurer 2 bobines. Cela est assez proche de la réalité, car un transformateur est effectivement composé de 2 enroulements : le premier enroulement est le primaire, et le second le secondaire. Il est intéressant de noter qu'il n'y a pas de connexion "électrique" entre ces 2 enroulements, qui sont (et doivent êtres) parfaitement isolés électriquement. Le transfert d'énergie entre les 2 enroulements se fait donc uniquement par induction. Hors, tout comme dans une bobine, il faut pour qu'il y ait une induction que le courant au primaire soit alternatif : **un transformateur ne fonctionne donc qu'avec du courant alternatif!!!**

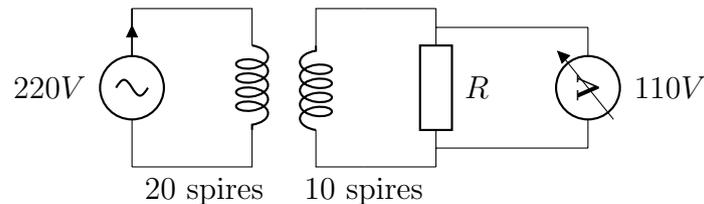
Donc le branchment de la figure 1 fournira une tension dans la résistance R, en revanche, aucune tension n'existera dans le secondaire de la figure 2 car une pile produit un courant continu.



### 3.6.1 Rapport de tension

Nous n'avons pour le moment pas parlé du rapport de transformation, pourtant, c'est bien la le rôle d'un transformateur : transformer une tension. Le plus souvent, on à affaire à des transformateurs réducteur de tension, mais il faut savoir qu'en branchant un transformateur réducteur de tension à l'envers, on obtient un élévateur de tension.

Ce qui détermine la tension de sortie d'un transformateur, c'est tout simplement le rapport entre le nombre de spires au secondaire (que nous allons noter  $N_S$ ) et le nombre de spires au primaire (noté  $N_P$ ).

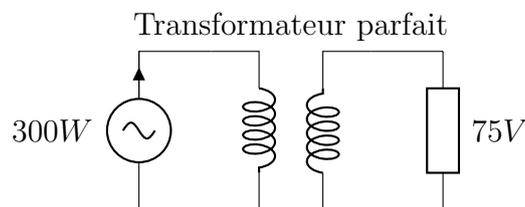


Dans l'exemple ci-dessus, on constate qu'on a 20 spires au primaire ( $N_P = 20$ ) et 10 spires au primaire ( $N_S = 10$ ). On calcul donc le rapport :  $r = \frac{N_S}{N_P} = \frac{10}{20} = 0,5$ . Le rapport de transformation de ce transformateur est donc de 0,5, donc la tension de sortie  $T_S$  est égale :  $T_S = T_E \times r = 220 \times 0,5 = 110V$ .

Une autre méthode de calcul est celle des "volts par spire". Considérant que nous avons un primaire de 20 spires alimenté en 220V, on pose  $\frac{220}{20} = 11$  volts/spire. On a 10 spires au secondaire, donc  $11 \times 10 = 110V$ .

### 3.6.2 Puissance et transformateur

On a vu dans l'introduction sur les transformateurs que durant l'examen, on ne considèrera que le cas des transformateurs parfaits, cest à dire le cas où aucune perte ne se produit (pas d'échauffement). Il faut donc garder en tête que dans ce cas, **la puissance consommée en entrée est égale à la puissance délivrée en sortie**. Cela permet de résoudre des problèmes du type : dans le montage suivant, quelle est l'intensité au secondaire ?

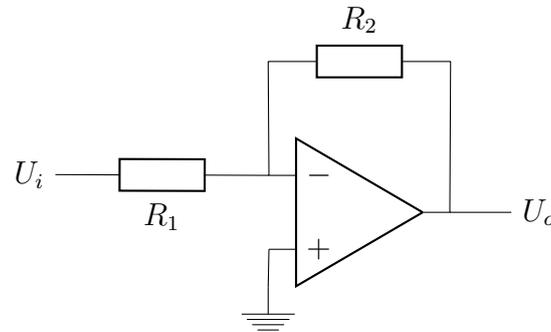


On sait donc que si on a 300W au primaire, on a également 300W au secondaire. Il suffit ensuite d'appliquer la formule de la puissance ( $P = U \times I$ ), et on obtient rapidement que le courant dans le secondaire équivaut à 4A.

## 3.7 Les amplificateurs opérationnels

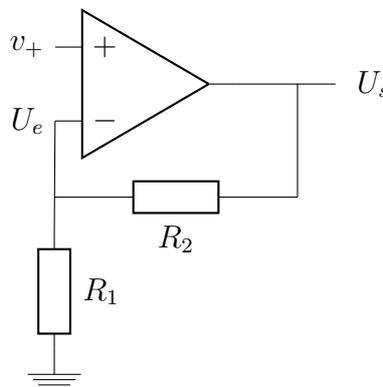
### 3.7.1 Généralités

### 3.7.2 Montage inverseur



Avec ce montage, on a la tension de sortie  $U_o$  donnée par :  $U_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_i$ . Le gain est donc  $-\frac{R_2}{R_1}$ .

### 3.7.3 Montage non-inverseur



$$\text{Facteur} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

## 3.8 Les antennes

Nom d'antenne	Type d'onde	Impédance	Illustrations
Doublet	Demi-onde ( $\lambda/2$ )	$73\Omega$	
Doublet demi-onde replié	Demi-onde ( $\lambda/2$ )	$300\Omega$	
Quart d'onde verticale	Quart d'onde ( $\lambda/4$ )	$36\Omega$	
GP (Ground Plane)			Pas de gain, pas de directivité

Yagi ou beam			
Isotrope			

Une antenne multi-doublets est prévue pour travailler sur plusieurs bandes.  
Une antenne à la même impédance à l'émission et à la réception.

### 3.9 Les formules de base

$$U = RI$$

$$P = UI$$

$$U^2 = PR$$

$$P = RI^2$$

Quantité Q d'électricité en Coulombs (C) : produit de l'intensité et du temps :  $Q = It$

Pulsation d'un signal de fréquence F :  $2\pi \times F$

### 3.10 Équivalences dans les unités

$$1A = 1 C/s$$

$$1Wh = 3600 J$$

### 3.11 Les dB

Les dB permettent d'exprimer les rapports entre 2 grandeurs. A chaque fois que l'on ajoute 3dB, les rapports doublent. On obtient les nombre de dB par l'opération  $10 \log(\text{rapport})$

Rapport	0.25	0.5	1	2	4	8	10	100
dB	-6 dB	-3 dB	0 dB	3 dB	6 dB	9 dB	10 dB	20 dB

Les dB s'additionnent.

### 3.12 Les phases

Deux signaux peuvent être déphasés, c'est à dire décalés.

**Déphasage de 180°** : on parle aussi d'opposition de phase. La courbe rouge est décalée de  $\pi$  (équation :  $y = \sin(x)$ ) par rapport à la courbe noire (équation :  $y = \sin(x + \pi)$ ).

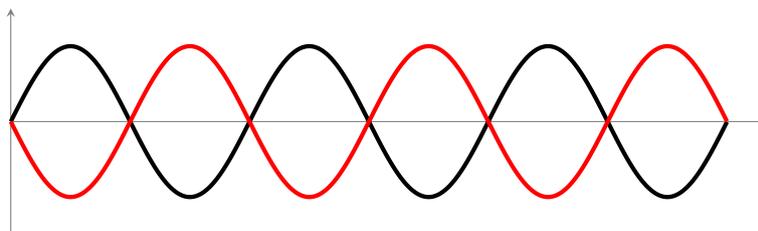
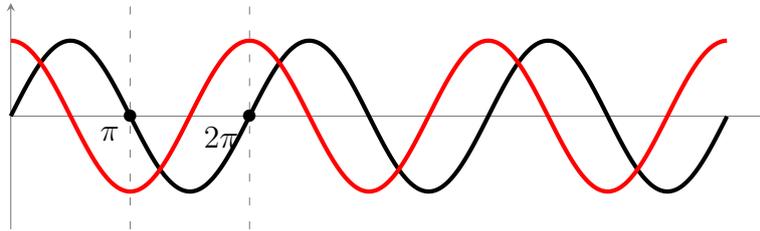
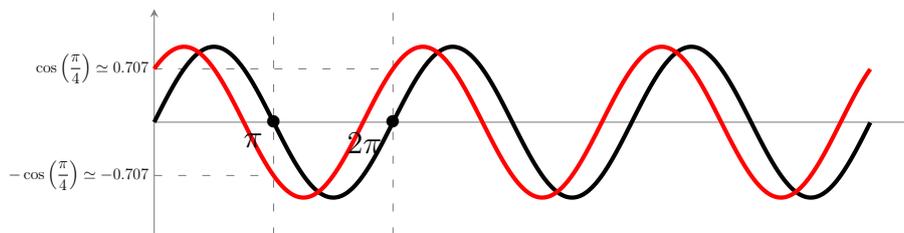


FIGURE 3.3 – Déphasage de 180°

**Déphasage de  $90^\circ$**  : même principe, mais on ne décale cette fois que de  $\frac{\pi}{2}$ , les 2 équations sont respectivement  $y = \sin(x)$  et  $y = \sin(x + \frac{\pi}{2})$ .

FIGURE 3.4 – Déphasage de  $90^\circ$ 

**Déphasage de  $45^\circ$**  : toujours le même principe, mais on ne décale cette fois que de  $\frac{\pi}{4}$ , les 2 équations sont respectivement  $y = \sin(x)$  et  $y = \sin(x + \frac{\pi}{4})$ .

FIGURE 3.5 – Déphasage de  $45^\circ$ 

### 3.13 Type de modulation

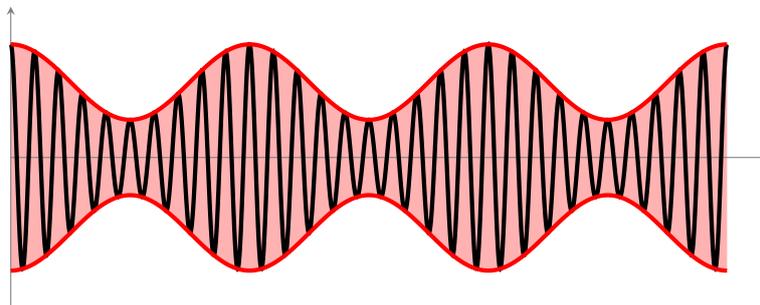


FIGURE 3.6 – Modulation d'amplitude (AM ou A3E)

NB : à l'examen, ce type de modulation est souvent représenté non pas avec une courbe, mais avec une ligne brisée pour représenter l'enveloppe. Cela donne à peu près ceci (éventuellement, l'enveloppe peut ne pas être régulière).

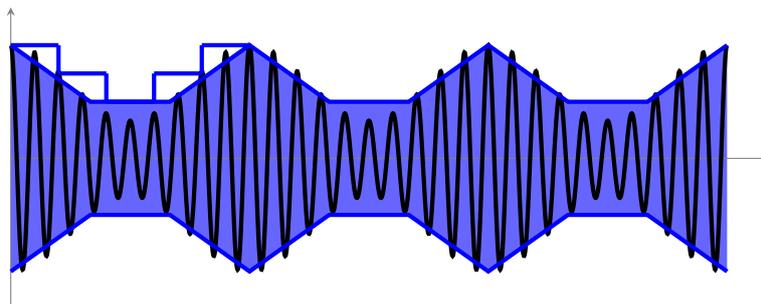


FIGURE 3.7 – Modulation d'amplitude (AM ou A3E)

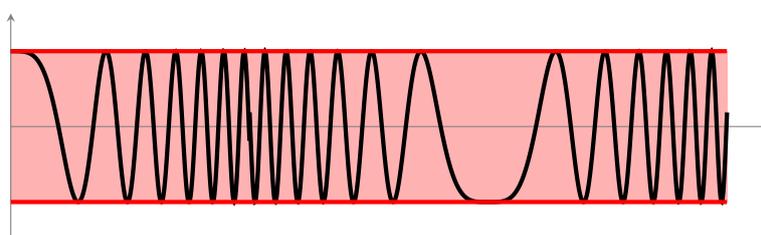


FIGURE 3.8 – Modulation de fréquence (FM ou F3E) ou modulation de phase (G3E)

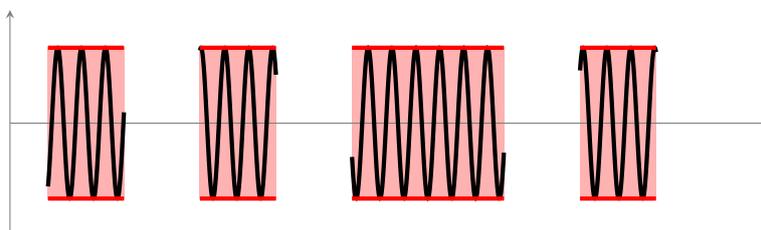


FIGURE 3.9 – Tout ou rien (CW ou A1A)

# 4

## Pour aller plus loin

La suite logique du passage de la licence est en toute logique, l'apprentissage des techniques et des conventions pour le trafic. Pour ce point, je ne peux que vous conseiller la lecture de l'excellent "*L'éthique et les procédures opérationnelles du radioamateur*" édité par l'UBA<sup>1</sup> (Union royale Belge des Amateurs-émetteurs), qui vous donnera les premiers éléments pour trafiquer.

Une autre activité, non moins passionnante, est la réalisation de votre propre émetteur, de quoi mettre en application les éléments techniques théoriques appris pour le passage de l'examen, et mieux comprendre comment un émetteur fonctionne.

Par ailleurs, je ne peux que conseiller à tous ceux qui lisent l'anglais le livre *Ham Radio for Dummies*. Il donne notamment pas mal de conseils pratiques sur les différents aspects du radioamateurisme (envoi des QSL, choix du matériel...).

---

1. Ce document est disponible en téléchargement gratuit sur le site de l'UBA à l'adresse <http://www.uba.be/fr/dossiers/autres-dossiers/1-ethique-et-les-procedures-operationnelles-du-radioamateur>. Voir également "*La pratique opératoire*", texte qui a servi de base au document proposé par l'UBA, à cette adresse : [http://www.on4ww.be/OperatingPracticeFrancais\\_F8RZ.html](http://www.on4ww.be/OperatingPracticeFrancais_F8RZ.html)

# 5

## Annexes

### 5.1 Tableau des fréquences (complet) - région 1

Bande		Statut	Longu- -eur	Largeur de la bande	Sat
Limite basse	Limite haute				
135,7 kHz	137,8 kHz	bande partagée statut secondaire	2222 m	2,1 kHz	
1,810 MHz	1,850 MHz	bande exclusive	160 m	40 kHz	
3,500 MHz	3,800 MHz	bande partagée à égalité de droit	80 m	300 kHz	
7,000 MHz	7,200 MHz	bande exclusive	40 m	200 kHz	↑↓
10,100 MHz	10,150 MHz	bande partagée statut secondaire	30 m	50 kHz	
14,000 MHz	14,350 MHz	bande exclusive	20 m	350 kHz	↑↓
18,068 MHz	18,168 MHz	bande exclusive	17 m	100 kHz	↑↓
21,000 MHz	21,450 MHz	bande exclusive	15 m	450 kHz	↑↓
24,890 MHz	24,990 MHz	bande exclusive	12 m	100 kHz	↑↓
28,000 MHz	29,700 MHz	bande exclusive	10 m	1,7 MHz	↑↓
50,200 MHz	51,200 MHz	bande partagée statut dérogatoire	6 m	1 MHz	
144,00 MHz	146,00 MHz	bande exclusive	2 m	2 MHz	↑↓
430,00 MHz	434,00 MHz	bande partagée statut secondaire	70 cm	4 MHz	
434,00 MHz	440,00 MHz	bande partagée à égalité de droit	70 cm	6 MHz	↑ *
1240,0 MHz	1300,0 MHz	bande partagée statut secondaire	23 cm	60 MHz	↑
2300,0 MHz	2450,0 MHz	bande partagée statut secondaire		150 MHz	
5650,0 MHz	5925,0 MHz	bande partagée statut secondaire		275 MHz	
10,0 GHz	10,45 GHz	bande partagée statut secondaire		450 MHz	
10,45 GHz	10,5 GHz	bande exclusive		50 MHz	
24,00 GHz	24,05 GHz	bande exclusive		5 MHz	
24,05 GHz	24,25 GHz	bande partagée statut secondaire		200 MHz	
47,00 GHz	47,20 GHz	bande exclusive		200 MHz	

76,00 GHz	77,50 GHz	bande exclusive	1500 MHz
77,50 GHz	78,00 GHz	bande partagée à égalité de droit	1500 MHz
78,00 GHz	81,50 GHz	bande partagée statut secondaire	3500 MHz
122,0 GHz	123,0 GHz	bande partagée statut secondaire	1 GHz
134,0 GHz	136,0 GHz	bande exclusive	2 GHz
136,0 GHz	141,0 GHz	bande partagée statut secondaire	5 GHz
241,0 GHz	248,0 GHz	bande partagée statut secondaire	7 GHz
248,0 GHz	250,0 GHz	bande exclusive	2 GHz

## 5.2 Les classes d'émissions

Symbole	Signification
N	Porteuse non modulée
A	Modulation d'amplitude, bande latérale unique, porteuse normale
A	Modulation d'amplitude, double bande latérale, porteuse pleine
R	Modulation d'amplitude, bande latérale unique, porteuse réduite
J	Modulation d'amplitude, bande latérale unique, porteuse supprimée
C	Modulation d'amplitude, bande latérale résiduelle
B	Modulation d'amplitude, bandes latérales indépendantes
F	Modulation de fréquence
G	Modulation de phase
D	Combinaison de AM et FM ou PM
P	Séquences d'impulsions sans modulation
K	Modulation d'amplitude pulsée
L	Modulation large pulsée
M	Modulation de position pulsée
Q	Séquences d'impulsion, modulation de phase ou de fréquence dans chaque impulsion
V	Combinaison de plusieurs méthodes de modulation par impulsions
W	Combinaison de méthodes citées ci-dessus
X	Aucune des méthodes ci-dessus
0	Aucun signal modulant
1	Signal digital sans emploi d'une sous porteuse modulante
2	Signal digital avec emploi d'une sous porteuse modulante
3	Signal analogique (voix, image...)
7	Plusieurs voix contenant de l'information numérique
8	Plusieurs voix contenant de l'information analogique
9	Combinaison de signaux analogiques et numériques
X	Aucun des types ci-dessus
A	Télégraphie pour réception auditive
B	Télégraphie pour réception automatique
C	Fac-similé
D	Transmission de données par paquets

<b>E</b>	Téléphonie
<b>F</b>	Télévision
<b>N</b>	Aucune transmission d'information
<b>W</b>	Combinaison des types précédents
<b>X</b>	Aucun des types ci-dessus

### 5.3 Le code morse

A	.-	J	.—	S	...
B	-...	K	-.-	T	-
C	-.-.	L	.-..	U	..-
D	-..	M	—	V	...-
E	.	N	-. .	W	.-
F	... .	O	—	X	-.-
G	-. .	P	.-. .	Y	-. -
H	....	Q	-. -	Z	-..
I	..	R	.-. .	0	—
1	.—	2	..—	3	...-
4	....-	5	.....	6	-....
7	-...	8	—..	9	—.

# Bibliographie

- [1] Ward SILVER : *Ham Radio for Dummies*. Wiley Publishing, Inc, 2004.
- [2] F5AXG et F6GPX : Guide classe 3 f0. <http://www.f5axg.org/>, Février 2011.
- [3] John PERRY et Joshua CHILDS : Timing on the fly, synchronization for direct georeferencing on small uavs. *InsideGNSS*, 6(4):34–40, Novembre/Décembre 2009. Cet article traite des problèmes de latence et de synchronisation pour le géoréférencement précis de photographies aériennes. Également disponible sur <http://www.insidegnss.com/auto/novdec09-perry.pdf>.
- [4] Classes d'émission radio. Wikipedia : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Classe\\_d'%C3%A9mission\\_radio](http://fr.wikipedia.org/wiki/Classe_d'%C3%A9mission_radio).

## Illustrations de la page de couverture :

- Antenne beam : <http://f5mux.over-blog.com/article-59-breizh-de-f-tu5kg-81306383.html>
- Shack : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Amateurfunkstation.jpg>
- Émetteur : <http://www.icom-france.com/produit-ic-7800.php>
- Symbole International des Radioamateurs : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:International\\_amateur\\_radio\\_symbol.svg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:International_amateur_radio_symbol.svg)