

الوكالة الوطنية للذبذبات
Agence Nationale des Fréquences



**COURS DE PRÉPARATION
au
CERTIFICAT D'OPÉRATEUR RADIO
Du
SERVICE AMATEUR
ET
AMATEUR PAR SATELLITE**

Homologués par l'Agence Natitnale des Fréquences
(ANF)

<https://anf.dz/accueil>

Edition Janvier 2010

COURS DE FORMATION AU CERTIFICAT D'OPERATEUR RADIO (en vue de l'obtention de la licence radioamateur)

Introduction

Le présent manuel a été conçu et réalisé en collaboration entre l'Agence Nationale des Fréquences (ANF) et l'association des Amateurs Radio Algériens (ARA), il est destiné à la préparation à la formation des amateurs radio qui est un hobby comprenant une multitude d'activités centrées sur l'étude de la radioélectricité et les techniques des télécommunications. S'adressant à des radioamateurs, il est rédigé de sorte qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des connaissances préalables approfondies dans le domaine des radiocommunications. Savoir effectuer quelques calculs élémentaires et un peu de bon sens suffisent pour en entamer l'étude. On peut facilement maîtriser la partie théorique de ce manuel, mais on peut aussi suivre des cours théoriques supplémentaires. Le but de ce manuel est de préparer les candidats à l'examen du certificat d'opérateur radio en vue de l'obtention de la licence de radioamateur.

L'examen d'opérateur radio, comporte deux épreuves : une épreuve pratique et une épreuve théorique. Il est placé sous l'autorité et le contrôle de (ANF).

1. L'épreuve pratique

L'épreuve pratique peut être organisée dans les locaux de l'ARA (du fait de la disponibilité des équipements au sein du siège de l'association). Dans cette épreuve les examinateurs de l'ANF, auront à évaluer les connaissances élémentaires des candidats et leurs aptitudes pour l'exploitation et la réalisation de liaisons radioélectriques amateurs. En cas de réussite à l'épreuve pratique, le candidat reçoit l'autorisation de se présenter à l'épreuve théorique.

2. L'épreuve théorique

L'épreuve théorique peut être organisée également dans les locaux de l'association des Amateurs Radioamateurs Algériens ou en tout autre endroit, sous l'égide de l'A.N.F. L'épreuve consiste en une série de questions à choix multiple (QCM). Les questions se rapportant aussi bien à la Réglementation qu'à des notions de radioélectricité.

PREAMBULE : Qu'est-ce que le radio amateurisme?

Le service radioamateur est défini comme un service non commercial pour l'éducation en autodidacte et pour l'expérimentation dans le domaine des radiocommunications. Le radio amateurisme comprend un large éventail d'activités.

L'**étude et la connaissance de la radiotechnique et des télécommunications** permettront au radioamateur d'établir aussi bien une conversation par la voie radio avec des personnes qui habitent la même ville que lui que l'échange d'images avec une personne qui habite à l'autre bout de la terre. Le radioamateur peut construire certains équipements lui-même, et donc mieux comprendre comment ils fonctionnent. Les radioamateurs sont appréciés par les autorités publiques de leur pays car **ils constituent un potentiel d'opérateurs et d'experts en matière de communication par radio**. Ces experts peuvent aussi intervenir dans des cas d'urgence, de catastrophes naturelles, de naufrage ou d'inondations. La plupart des radioamateurs sont organisés pour rendre ce genre de service au public. Les radioamateurs abordent des sujets variés, mais souvent il s'agit de technique et de propagation. Les radioamateurs peuvent aussi parler de sujets plus personnels tels que leur profession, leur famille et leur environnement. **Toutefois, des sujets traitant de politique ou de religion sont interdits de même que ceux relatifs à la vie privée**. Les stations de radioamateurs ne peuvent jamais être utilisées à des fins commerciales. Comme les ondes se propagent à de grandes distances, il est important d'utiliser sa station de radioamateur selon des règles précises. Ceci évitera des problèmes à d'autres utilisateurs du spectre radio et à d'autres radioamateurs. Ces règles se divisent en deux parties : les conditions de la licence et le plan de fréquences.

- Les **conditions d'utilisation de la licence** sont définies par la réglementation. Il est important de les connaître, car ils contiennent les règles essentielles selon lesquelles les radioamateurs peuvent mettre en service une station de radioamateur.

- Le **plan de fréquences** (ou bande planning), c'est plutôt un code de conduite. Chaque pays peut rédiger son propre plan de fréquences, mais il doit certainement tenir compte des règles internationales. Le plan de fréquences détaille les parties de bandes qui sont utilisées pour chaque type d'activité. Il est fortement recommandé de le suivre scrupuleusement, comme le font d'ailleurs la plupart des radioamateurs. **Voir Décision n° 04-06 de l'Agence Nationale de Fréquences en date du en annexe.**

PREMIÈRE PARTIE

RÉGLEMENTATION

ENVIRONNEMENT REGLEMENTAIRE

Deux niveaux réglementaires au niveau international et national se superposent et se complètent.

I - Au niveau international

L'**Union Internationale des Télécommunications (UIT)**, dont le siège est à Genève, est chargée des télécommunications au sein des Nations Unies (ONU). Au sein de l'UIT, les télécommunications sont traitées par l'UIT-T et les radiocommunications par l'UIT-R. L'UIT-R édite le **Règlement des Radiocommunications (RR, Radio Regulations en anglais)**, traité international ratifié par l'Algérie, qui constitue la base des réglementations nationales et internationales en matière de radiocommunications. L'édition 2004 du RR comprend 58 articles (S1 à S59) subdivisés en dispositions, 24 annexes (A1 à A40), les recommandations qui orientent les travaux des commissions et les résolutions prises en assemblée plénière. L'article S1 du RR définit la terminologie utilisée.

En particulier, l'article S1-56 définit le service amateur ainsi : « *Service de radiocommunication ayant pour objet l'instruction individuelle, l'intercommunication et les études techniques, effectué par des amateurs, c'est-à-dire par des personnes dûment autorisées, s'intéressant à la technique de la radioélectricité à titre uniquement personnel et sans intérêt pécuniaire* ».

L'article S1-57 définit le service d'amateur par satellite ainsi : « *Service de radiocommunication faisant usage de stations spatiales situées sur des satellites de la Terre pour les mêmes fins que le service d'amateur* ».

L'article S25 du RR définit les conditions d'exploitation des stations du service amateur ou d'amateur par satellite en précisant que : « les transmissions entre stations d'amateur de pays différents doivent se faire en langage clair et se limiter à des messages d'ordre technique ayant trait aux essais et à des remarques d'un caractère purement personnel qui, en raison de leur importance, ne justifient pas le recours au service public de télécommunication ». Ce même article interdit la transmission de communications internationales de tierces personnes **sauf en cas d'urgence**. Il indique également que les administrations doivent vérifier les aptitudes de toute personne qui souhaite manœuvrer des appareils d'une station d'amateur. Ainsi, l'indicatif est attribué par l'administration de chaque pays après vérification des aptitudes des opérateurs.

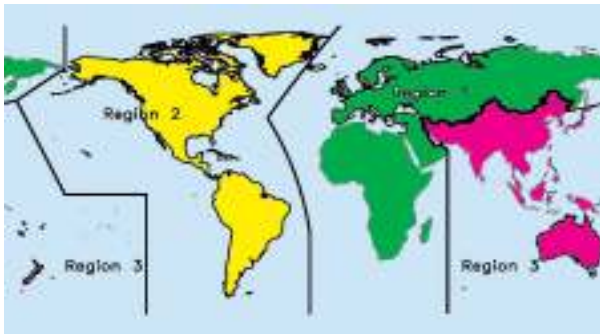
La **Résolution 644**, adoptée en 1997, traite des « Moyens de télécommunications pour l'atténuation des effets de catastrophes et pour les opérations de secours en cas de catastrophes ». Cette résolution fait référence à la **Résolution 36** sur les télécommunications au service de l'aide humanitaire (Kyoto 1994) et a servi de base à la **Convention de Tampere (ICET-98)** sur la mise à disposition de ressources de télécommunication (coopération entre les états). Dans la résolution 644, l'UIT engage ses membres à étudier « les aspects des radiocommunications appropriées aux opérations d'atténuation des effets des catastrophes, tels que des moyens de communications décentralisés appropriés et généralement disponibles, y compris les équipements de radioamateur ». La Recommandation **UIT-RM.1042-1** (Communications en cas de catastrophe) rappelle ce que l'UIT attend des radioamateurs (mise en oeuvre de réseaux souples et fiables en cas de catastrophes). La récente résolution 646 (WRC03) recommande l'utilisation de fréquences UHF et une harmonisation par région. Le nouvel article S25.9A du RR (WRC03) résume, sans les citer, l'esprit de ces textes : « Les administrations sont invitées à prendre les mesures nécessaires pour autoriser les stations d'amateur à se préparer en vue de répondre aux besoins de communication pour les opérations de secours en cas de catastrophes ».

Tous les 3 ou 4 ans, l'UIT-R organise des **Conférences Mondiales des Radiocommunications (CMR ou WRC en anglais)** pour mettre à jour le RR et, en particulier, le plan de fréquences (article S5 du RR). L'article S4 (attribution et utilisation des fréquences) du RR détermine les règles d'affectation des fréquences. Lors des CMR, chaque utilisateur du spectre radioélectrique et chaque administration

envoi ses représentants pour négocier. Au sein de l'UIT-R et lors des conférences, les radioamateurs sont représentés par l'IARU qui défend une position commune définie au préalable par les associations nationales de radioamateurs (l'ARA pour l'Algérie). La première conférence eut lieu à Washington en 1927. Puis Madrid (1932) et Le Caire (1938) accueillirent une conférence. La conférence d'Atlantic City (1947) décida du transfert du siège de l'UIT de Berne à Genève et remania profondément le RR et le plan d'attribution des fréquences. La dernière CMR (en 2003 à Genève) a décidé de ne plus exiger la connaissance du code Morse (CW) pour émettre sur les fréquences inférieures à 30 MHz. Les prochaines WRC auront lieu en octobre 2007 à Genève et en 2010 (lieu à définir).

L'IARU est administrée à l'image de l'UIT en trois régions :

Le globe terrestre est découpé en 3 régions.



Le RR (art. S5-2 à S5-9) définit les 3 régions ainsi

Région 1 = Europe, Afrique, Proche Orient et pays de l'ex-URSS ;

Région 2 = Amériques et Pacifique Nord ;

Région 3 = Reste du Monde (Asie sauf Proche Orient et ex-URSS, Océanie et Pacifique Sud). L'antarctique et l'arctique sont découpés dans le prolongement des méridiens séparant les zones.

II - Au niveau national

Au niveau national, c'est à dire dans chaque pays, les radioamateurs sont généralement regroupés au sein d'associations officielles qui, outre toutes les actions de coordination, d'orientation etc., représentent leur interface auprès des administrations en assurant le contrôle.

En Algérie, sur le plan technique les radioamateurs sont placés sous l'autorité de l'**Agence Nationale des Fréquences** (ANF) créée par décret exécutif n° 02-97 du 02 Mars 2002.

L'ANF est une EPIC, elle est chargée d'assurer la planification, la gestion et le contrôle de l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques. L'A.N.F est l'autorité de tutelle, qui délivre les licences et indicatifs pour le service d'amateur et amateur par satellite en Algérie. C'est à l'ANF qu'il faut signaler tout changement d'adresses de la station.

L' A.N.F : l'autorité de contrôle

- L'A.N.F organise les examens du certificat d'opérateur service d'amateur et amateur par satellite, elle est également chargée du contrôle de l'utilisation du spectre des fréquences. Pour cette raison, l'A.N.F peut venir contrôler et inspecter les stations des radioamateurs. Le radioamateur doit donner libre accès à sa station et répondre aux questions des agents de L'A.N.F. En cas de perturbations, l'ANF peut suspendre temporairement l'utilisation de la station ou lui imposer des mesures spéciales. Si le problème est plus sérieux, l'ANF peut aussi dresser un procès verbal à toute station qui n'est pas en règle avec la réglementation en vigueur.

- Elle assure le contrôle des émissions radioélectriques sur l'ensemble du territoire national et participe au contrôle international organisé par l'UIT.

1) Les classes d'émission et les conditions techniques

Les classes d'émission sont définies à l'annexe A1 du RR par trois caractères : le 1er caractère est une lettre indiquant le **type de modulation** ; le 2ème caractère est un chiffre indiquant la **nature du signal modulant** ; enfin, le 3ème caractère est une lettre indiquant le **type d'information transmis**.

Première lettre TYPE DE MODULATION DE LA PORTEUSE		Chiffre NATURE DU SIGNAL MODULANT	Deuxième lettre TYPE D'INFORMATION TRANSMIS		
A	Amplitude (double bande latérale)	1	Une seule voie sans sous porteuse modulante (tout ou rien) Une seule voie sans sous porteuse modulante (tout ou rien)	A	Télégraphie auditive
C	Amplitude (bande latérale résiduelle)			B	Télégraphie automatique
F	Fréquence	2	Une seule voie avec sous porteuse modulante Une seule voie avec sous porteuse modulante	C	Fac-similé (image fixe)
G	Phase			D	Transmission de données (Packet)
J	Amplitude - B.L.U porteuse supprimée	3	Analogique	E	Téléphonie
R	Amplitude - B.L.U porteuse réduite	7	Numérique (plusieurs voies)	F	Télévision (vidéo)

Attention : une classe d'émission se lit toujours de la droite vers la gauche. On indique le type d'information transmis, puis la nature du signal modulant et enfin le type de modulation de la porteuse, si nécessaire (la téléphonie ne peut être qu'analogique par exemple)

La **définition d'une classe d'émission** ne se lit pas dans l'ordre des caractères qui la composent. La classe d'émission est définie en indiquant d'abord le type d'information (deuxième lettre, 3ème caractère), puis la modulation (première lettre, 1er caractère) et enfin le type de modulation de la porteuse et du signal modulant (chiffre, 2nd caractère) si celui-ci n'est pas « analogique » : la téléphonie ne peut être qu'analogique (comme le fac-similé et la télévision) ; par contre, la télégraphie auditive peut ou non utiliser une sous-porteuse modulante contenant l'information.

Exemples de définition de classe d'émission :

A1A = Télégraphie auditive ; modulation d'amplitude par tout ou rien sans emploi de sous porteuse modulante (= CW manipulée avec une « pioche » ; en CW, on utilise de l'information quantifiée (longueur trait / point))

A1B = Télégraphie automatique ; modulation d'amplitude par tout ou rien sans emploi de sous porteuse modulante (= CW générée par une machine comme, par exemple, un micro-ordinateur)

A3E = Téléphonie ; modulation d'amplitude double bande latérale (= AM)

F3E = Téléphonie ; modulation de fréquence (= FM)

J3E = Téléphonie ; modulation d'amplitude BLU, porteuse supprimée (= BLU, sans différenciation BLI / BLS)

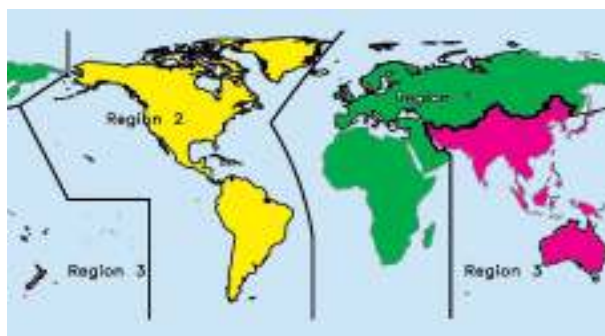
G2D = Transmission de données ; modulation de phase ; une seule voie avec sous porteuse modulante (par exemple : PSK31 qui n'est pas une classe d'émission mais un mode opératoire utilisant la classe G2D).

Type de signal	Télégraphie auditive		Télégraphie automatique				Fac-similé	Transmission de données		Téléphonie	Télévision
	A		B				C	D		E	F
Modulation Amplitude Fréquence/ Phase BLU	A1A F1A	A2A F2A	A1B F1B	A2B F2B		J7B	A3C F3C G3C J3C R3C	A1D F1D-G1D J1D	A2D F2D-G2D	A3E F3E-G3E J3E-R3E	A3F-C3F F3F-G3F
Allure du signal	sans	avec	sans	avec		Numérique 2 voies ou +	analogique	sans	avec	analogique	analogique
	Une seule voie contenant de l'information quantifiée ou numérique avec ou sans sous porteuse modulante										

La désignation d'une classe d'émission, se fait par l'utilisation d'un symbole ou d'une abréviation, ainsi : **SSB** ou **J3E** désigne la modulation phonie à bande latérale unique où on distingue encore l'USB et la LSB. **FM** ou **F3E** désigne la modulation de fréquence. **CW** ou **A1A** désigne la télégraphie Morse **AM** ou **A3E** désigne la modulation d'amplitude+d'autres pour des types de transmissions plus complexes. Ces abréviations (en gras) devront être reprises dans le livre journal

2) FRÉQUENCES et PUISSANCES AUTORISÉES

Le globe terrestre est découpé en 3 régions.



Le RR (art. S5-2 à S5-9) définit les 3 régions ainsi :

Région 1 = Europe, Afrique, Proche Orient et pays de l'ex-URSS ;

Région 2 = Amériques et Pacifique Nord ;

Région 3 = Reste du Monde (Asie sauf Proche Orient et ex-URSS, Océanie et Pacifique Sud). L'antarctique et l'arctique sont découpés dans le prolongement des méridiens séparant les zones.

2.1. Bandes de fréquences, modes de transmission et puissance autorisés.

Un radioamateur doit connaître très exactement les fréquences qu'il peut utiliser. Le tableau ci-après est une synthèse d'utilisation des fréquences qu'il est **IMPORTANT** de connaître. Il précise les bandes radioamateurs, les limites de fréquences et la puissance maximum autorisée.

Bandes (HF&VHF)	Fréquences (MHz)	Puissance (W)	Modes de Transmission
160 m	1,810 à 1,875	100	Téléphonie
80 m	3,500 à 3,800	100	
40 m	7,000 à 7,200	100	Télégraphie (Morse)
30 m	10,100 à 10,150	100	
20 m	14,000 à 14,350	100	Transmissions numériques
17 m	18,068 à 18,168	100	
15 m	21,000 à 21,450	100	Fac-similé (FAX)
12 m	24,890 à 24,990	100	
10 m	28,000 à 29,700	100	Télévision à balayage lent
6 m	50 à 52	100	
2 m	144 à 146	100	(SSTV)
70 cm	430 à 440	100	

Puissance maximum : il s'agit de la puissance en crête de modulation (PEP) donnée par la recommandation UIT-R SM.326-6 en modulant l'émetteur à sa puissance de crête par deux signaux sinusoïdaux dans le cas de la BLU (générateur 2 tons) et en puissance porteuse pour les autres types de modulations (AM, FM).

Conditions techniques : la fréquence émise doit être connue et repérée avec une précision de ± 1 kHz.

La **stabilité** des fréquences émises doit être telle que la dérive de fréquence ne doit pas excéder une excursion de ± 3 kHz en dessous de 30 MHz et $\pm 7,5$ kHz au delà. La bande passante (ou bande occupée) en AM et en BLU ne doit pas excéder celle nécessaire à une réception convenable.

L'attribution des fréquences de 9kHz à 275GHz entre les différents services est gérée par l'UIT. De 275 à 3.000 GHz, bande peu explorée couvrant le début des infrarouges lointains, l'UIT ne fait que des recommandations et devrait attribuer une partie de ce spectre lors de WRC07 aux travaux de recherche (Radioastronomie et recherche spatiale).

L'attribution des bandes au service amateur jusqu'à 10GHz est issue, à quelques modifications près, de la conférence d'Atlantic City (1947). Les bandes des 10, 18 et 24MHz (dites «bandes WARC») ont été attribuées en 1982 et la bande des 136 kHz a été attribuée en 1999. *La conférence de Genève (WRC03) a entériné l'extension de la bande des 40 mètres en statut primaire jusqu'à 7,200 MHz pour les régions 1 et 3 au plus tard le 29 mars 2009.*

Dès qu'une bande est attribuée en exclusivité à un service, celui-ci est primaire.

Bande partagée avec d'autres services de radiocommunication primaires : service d'amateur avec une catégorie de **service primaire à égalité de droits** avec les autres services conformément aux articles S5-43 et S5-43A du RR. « Le service (à égalité de droits) ne doit pas causer de brouillage préjudiciable et ne peut pas prétendre à la protection contre les brouillages préjudiciables causés par un autre service ».

Bande partagée avec d'autres services de radiocommunication primaires ou secondaires : services d'amateur avec une catégorie de **service secondaire** conformément au RR (articles S5-28 à S5-31) qui prévoit que « les stations d'un service secondaire ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable aux stations d'un service primaire et ne peuvent pas prétendre à la protection contre les brouillages préjudiciables causées par les stations d'un service primaire mais ont le droit à la protection contre les brouillages préjudiciables causées par les stations de ce service secondaire ou des autres services secondaires ».

3) CODE Q et ALPHABET INTERNATIONAL

Table d'épellation internationale: La table d'épellation étant internationale, ce sont l'orthographe et la prononciation anglaise des mots qui sont utilisées.

A	ALPHA	B	BRAVO	C	CHARLIE
D	DELTA	E	ECHO	F	FOX-TROT
G	GOLF	H	HOTEL	I	INDIA
J	JULIETT	K	KILO	L	LIMA
M	MIKE	N	NOVEMBER	O	OSCAR
P	PAPA	Q	QUEBEC	R	ROMEO
S	SIERRA	T	TANGO	U	UNIFORM
V	VICTOR	W	WHISKEY	X	X-RAY
Y	YANKEE	Z	ZULU (zoulou)		

*Cette table d'épellation a été adoptée par l'UIT en 1956. Auparavant, les analogies pour l'épellation avaient été définies en 1932 lors de la conférence de Madrid et mises en application à compter du 1/1/34. Ces analogies correspondaient à des noms de villes ou de pays : America pour A, Baltimore pour B, Florida pour F, Guatemala pour G, Santiago pour S, Yokohama pour Y, Zanzibar pour Z, etc. Seul le Q de **Québec** a été repris dans la nouvelle table d'épellation.*

Abréviations les plus usitées par les radioamateurs

DX = Distance	K = Invitation à répondre	TNX = Thanks (merci)
CQ = Appel général	CW = Emission en code Morse	SRI = Sorry (désolé)
AGN = Again (encore) répétez le message	RST = Report	UTC= GMT = TU = Coordinated Universal Time (Temps universel)
WX = Weather (climat)	OM = Old Man (radioamateur Homme)	KEY = Keyer (manipulateur de morse)
TX = Emetteur	YL = Young Lady (dame)	HAM = Amateur
RX = Récepteur	73 = Amitiés, Salutations	GM = Good Morning (Bonjour)
SIG = Signal	88 = Affectueuxment (pour les dames)	CW = Continuous waves
PSE = Please : s'il vous plaît	SWL = Short Wave Listner (écouteur d'ondes courtes)	XYL = Epouse d'un OM
R = Reçu	SKED = Rendez-vous sur l'air	QRP Pé ou Pette = Enfants

Code Q international

ABRÉVIATION	QUESTION	RÉPONSE OU AVIS
QRA	Quel est le nom de votre station ?	Le nom de ma station est ...
QRG	Voulez-vous m'indiquer ma fréquence exacte ou la fréquence exacte de ... ?	Votre fréquence exacte (ou le fréquence exacte de ...) est de ... kHz (ou MHz)
QRH	Ma fréquence varie-t-elle ?	Votre fréquence varie.
QRK	Quelle est l'intelligibilité de mes signaux (ou des signaux de ...) ?	L'intelligibilité de vos signaux (ou des signaux de ...) est : 1. Mauvaise 2. Médiocre 3. Assez bonne 4. Bonne 5. Excellente
QRL	Êtes-vous occupé ?	Je suis occupé (ou je suis occupé avec ...). Prière de ne pas brouiller
QRM	Êtes-vous brouillé ?	Je suis brouillé : 1. Je ne suis nullement brouillé 2. Faiblement 3. Modérément 4. Fortement 5. Très fortement
QRN	Êtes-vous troublé par des parasites ?	Je suis troublé par des parasites : 1. Je ne suis nullement troublé par des parasites 2. Faiblement 3. Modérément 4. Fortement 5. Très fortement
QRO	Dois-je augmenter la puissance d'émission ?	Augmentez la puissance d'émission.
QRP	Dois-je diminuer la puissance d'émission ?	Diminuez la puissance d'émission.
QRT	Dois-je cesser la transmission ?	Cessez la transmission.
QRU	Avez-vous quelque chose pour moi ?	Je n'ai rien pour vous.
QRV	Êtes-vous prêt ?	Je suis prêt.
QRX	À quel moment me rappellerez-vous ?	Je vous rappellerai à ... heures (sur ... kHz [ou MHz]).
QRZ	Par qui suis-je appelé ?	Vous êtes appelé par ... sur ... kHz (ou MHz).
QSA	Quelle est la force de mes signaux (ou des signaux de ...) ?	La force de vos signaux (ou des signaux de ...) est : 1. À peine perceptible 2. Faible 3. Assez bonne 4. Bonne 5. Très bonne.
QSB	La force de mes signaux varie-t-elle ?	La force de mes signaux varie.
QSL	Pouvez-vous me donner accusé de réception ?	Je vous donne accusé de réception.
QSO	Pouvez-vous communiquer avec ... directement (ou par relais) ?	Je puis communiquer avec ... directement (ou par l'intermédiaire de ...).
QSP	Voulez-vous retransmettre à ... gratuitement ?	Je peux retransmettre à ... gratuitement.
QSY	Dois-je passer à la transmission sur une autre fréquence ?	Passez à la transmission sur une autre fréquence (ou sur ... kHz [ou MHz]).
QTH	Quelle est votre position en latitude et en longitude (ou d'après tout autre indication) ?	Ma position est ... latitude ... longitude (ou d'après tout autre indication).
QTR	Quelle est l'heure exacte ?	L'heure exacte est ...
QRA	Quel est le nom de votre station ?	Le nom de ma station est ...
QRG	Voulez-vous m'indiquer ma fréquence exacte ou la fréquence exacte de ... ?	Votre fréquence exacte (ou le fréquence exacte de ...) est de ... kHz (ou MHz)
QRH	Ma fréquence varie-t-elle ?	Votre fréquence varie.
QRK	Quelle est l'intelligibilité de mes signaux (ou des signaux de ...) ?	L'intelligibilité de vos signaux (ou des signaux de ...) est : 1. Mauvaise 2. Médiocre 3. Assez bonne 4. Bonne 5. Excellente
QRL	Êtes-vous occupé ?	Je suis occupé (ou je suis occupé avec ...). Prière de ne pas brouiller

Code Q international (suite)

ABRÉVIATION	QUESTION	RÉPONSE OU AVIS
QRM	Êtes-vous brouillé ?	Je suis brouillé : 1. Je ne suis nullement brouillé 2. Faiblement 3. Modérément 4. Fortement 5. Très fortement
QRN	Êtes-vous troublé par des parasites ?	Je suis troublé par des parasites : 1. Je ne suis nullement troublé par des parasites 2. Faiblement 3. Modérément 4. Fortement 5. Très fortement
QRO	Dois-je augmenter la puissance d'émission ?	Augmentez la puissance d'émission.
QRP	Dois-je diminuer la puissance d'émission ?	Diminuez la puissance d'émission.
QRT	Dois-je cesser la transmission ?	Cessez la transmission.
QRU	Avez-vous quelque chose pour moi ?	Je n'ai rien pour vous.
QRV	Êtes-vous prêt ?	Je suis prêt.
QRX	À quel moment me rappellerez-vous ?	Je vous rappellerai à ... heures (sur ... kHz [ou MHz]).
QRZ	Par qui suis-je appelé ?	Vous êtes appelé par ... sur ... kHz (ou MHz).
QSA	Quelle est la force de mes signaux (ou des signaux de ...) ?	La force de vos signaux (ou des signaux de ...) est : 1. À peine perceptible 2. Faible 3. Assez bonne 4. Bonne 5. Très bonne.
QSB	La force de mes signaux varie-t-elle ?	La force de mes signaux varie.
QSL	Pouvez-vous me donner accusé de réception ?	Je vous donne accusé de réception.
QSO	Pouvez-vous communiquer avec ... directement (ou par relais) ?	Je puis communiquer avec ... directement (ou par l'intermédiaire de ...).
QSP	Voulez-vous retransmettre à ... gratuitement ?	Je peux retransmettre à ... gratuitement.
QSY	Dois-je passer à la transmission sur une autre fréquence ?	Passez à la transmission sur une autre fréquence (ou sur ... kHz [ou MHz]).
QTH	Quelle est votre position en latitude et en longitude (ou d'après tout autre indication) ?	Ma position est ... latitude ... longitude (ou d'après tout autre indication).
QTR	Quelle est l'heure exacte ?	L'heure exacte est ...

D'autres abréviations en code Q sont définies par l'UIT mais ne sont pas à connaître pour l'examen.

Les abréviations à connaître sont celles utilisées pour les communications officielles. Elles peuvent avoir une autre signification dans le trafic radioamateur.

*En 1859, la Western Union établit la norme du "code 92" : une liste de nombres de 1 à 92 représentait des phrases complètes utilisées par les opérateurs télégraphistes à l'instar du futur code Q. Dans ce code, le nombre 73 signifie "Veuillez accepter mes hommages respectueux" qui se transformera dans le monde radioamateur par "Amitiés" ; le nombre 88 signifie "Affectueux". Une abréviation du code Q est formulée comme une **question** si elle est suivie d'un point d'interrogation. Sinon, il s'agit d'une **réponse** (ou d'un avis) qui peut être suivie d'une information complémentaire.*

Attention aux abréviations QRA, QSO, QSP et QTH dont la définition est plus restrictive que dans le trafic radioamateur et aux **abréviations QRK et QSA** qui ne sont pas celles utilisées dans le trafic radioamateur.

Exemples:

QRO ? : Dois-je augmenter ma puissance d'émission ? QRU ? : Avez-vous quelque chose pour moi ?
 QRO : Veuillez augmenter votre puissance d'émission. QRU : Je n'ai rien pour vous.
 QRG ? : Voulez-vous m'indiquer ma fréquence exacte ? QSA ? : Quelle est la force de mes signaux ?
 QRG 14050 : Votre fréquence exacte est 14050 (kHz). QSA 5 : La force de vos signaux est très bonne.

Déroulement d'un contact

FORME D'APPEL	TÉLÉPHONIE
Appel d'une station	3 fois au plus indicatif appelé
	"ICI"
	3 fois au plus indicatif appelant "RÉPONDEZ"
	S'il n'y a pas de réponse, attendre \approx 1 minute avant de recommencer l'appel.
Appel général	Idem appel d'une station Sauf que "APPEL A TOUS"
Réponse à un appel	Indicatif station qui a appelé ou "QUI M'APPELLE ?"
	"ICI" Station appelante ; "RÉPONDEZ"
Fin de liaison	Indicatif de sa propre station
	"TERMINE"

Groupe de contrôle de réception RST

Le code RST permet de définir la qualité de la réception d'un signal en code Morse sur trois critères: « Readability, Strength, Tone » ou en français « Lisibilité, Force, Tonalité ». La valeur du T est omise si l'émission n'est pas en CW. La variable R peut prendre des valeurs de 1 à 5 et la variable S est, de nos jours, la valeur lue par le S-mètre (de 1 à 9). La première codification du RST, appelé à l'époque RWT, a été établie lors de la conférence de Madrid de 1932 et mise en application dans les services officiels en janvier 1934. L'ARRL (équivalent du REF aux USA) puis l'IARU adoptent ce système de notations. Néanmoins, la conférence du Caire d'avril 1938, soit 6 ans plus tard, modifie les notations du code RWT (qui devient le RST) et intervertit la signification des abréviations QRK et QSA, toutes deux notées dorénavant de 1 à 5. C'est ce dernier code qui est effectif dans les services officiels mais en aucun cas chez les radioamateurs qui ont conservé le code d'origine. Bien entendu, c'est la codification UIT de 1938 (pas celle en usage chez les radioamateurs) qu'il faut connaître le jour de l'examen...

L'utilisateur d'une installation de radioamateur doit:

- S'assurer que ses émissions **ne brouilleront pas** des émissions déjà en cours ;
- **Identifier**, par son indicatif personnel, le début et la fin de toutes périodes d'émission.
- Ne pas utiliser une fréquence **en permanence** ;
- Effectuer ses transmissions en **langage clair** ou dans un code reconnu par l'UIT.
- Ne pas procéder à des émissions effectuées selon des procédés spéciaux ne permettant pas à l'administration la **réception** et la **compréhension** des messages.

L'utilisation de deux fréquences différentes, l'une pour l'émission, l'autre pour la réception (trafic via relais ou transpondeur, trafic dans les modes « split » sur la même bande ou « cross-band » sur une bande différente) est autorisée sous réserve de respecter les procédures de trafic décrites ci-dessus et de préciser la fréquence utilisée par le correspondant (en général, la fréquence que l'on écoute).

Teneur des messages : l'opérateur doit limiter ses messages aux sujets suivants:

- Radioélectricité ;
- Informatique ;
- Astronomie et météorologie ;

- Contenu d'une revue technique (sans faire de publicité pour ladite revue) ;
- Réglementation ;
- Vie associative ;
- Adresse et numéro de téléphone personnels (sauf ceux des tiers) ;

Le titulaire de l'autorisation d'émettre doit veiller à respecter le **secret des correspondances** captées volontairement ou non. L'article du Code Pénal (atteinte à la personnalité) prévoit qu'«est puni d'un an d'emprisonnement et de d'amende le fait, au moyen d'un procédé quelconque, volontairement de porter atteinte à l'intimité de la vie privée d'autrui en captant, enregistrant ou transmettant, sans le consentement de leur auteur, des paroles prononcées à titre privé ou confidentiel».

- Un radioamateur ne peut établir des communications qu'avec d'autres radioamateurs.
- si vous entendez une station qui a un indicatif bizarre que vous ne retrouvez pas dans les call books, ou qu'il n'a pas été annoncé (revues de radioamateurs, sites Internet, etc.) comme indicatif rare ou spécial, c'est probablement parce que ce n'est pas une station de radioamateur. Mieux vaut s'abstenir de la contacter !
- un radioamateur ne peut pas utiliser de code secret. Toutefois, il peut utiliser le code Q et toutes les abréviations généralement utilisées par les radioamateurs et publiées dans des listes.
- il est également interdit de faire des émissions de radiodiffusion et de transmettre un programme de musique.
- il est interdit de transmettre de faux messages de détresse.
- une station de radioamateur ne peut être utilisée que par une personne dûment autorisée. Cette personne est en général le propriétaire de la station. Elle peut être aussi un autre radioamateur en visite chez le propriétaire qui donne l'autorisation d'utiliser la station.
- un radioamateur ne peut écouter, d'une manière générale, que les émissions qui lui sont destinées.

Pour les émissions en Fax, SSTV ou TV, tous les documents transmis doivent comporter l'indicatif de la station. Les seules images dont la transmission est autorisée concernent des images représentant le titulaire de l'autorisation d'émettre, des pièces ou des schémas techniques, une mire portant l'indicatif de la station ou la reproduction d'une image déjà reçue pour comparaison.

4) CONDITIONS D'EXPLOITATION et INDICATIFS D'APPEL

4.1) Carnet de trafic : le titulaire d'une autorisation d'émettre est tenu de consigner dans un journal de trafic (ou carnet de trafic) à pages numérotées, non détachables, les renseignements relatifs à l'activité de sa station : **date et heure de communication** (UTC ou heure légale mais toujours la même), **indicatif** (correspondant ou relais), **fréquence d'émission**, **classe d'émission**. Éventuellement : lieu d'émission (en portable en mobile ou en maritime mobile); modifications apportées à l'installation. Le carnet de trafic doit être constamment à jour, présenté à toutes réquisitions des fonctionnaires chargés du contrôle. Il doit être conservé pendant un an à compter de la dernière inscription. Le journal de trafic peut être informatisé et/ou adapté pour les handicapés et les non-voyants. Le journal de trafic d'un radio-club indique les indicatifs des opérateurs et leurs périodes d'utilisation. Le journal est contresigné par le responsable du radio-club. L'utilisateur de la station du radio-club reportera les contacts effectués sur le carnet de trafic de sa station.

4.2) Cas particuliers d'exploitation : une station **fixe** est utilisée depuis l'adresse communiquée à l'ANF. Cette dernière doit être informée de tout **changement de domicile** dans les 3 mois. Le titulaire de l'autorisation d'émettre utilise son indicatif d'appel sans suffixe ni préfixe. Une station **portable** est une station construite de manière à être déplacée mais ne peut pas fonctionner pendant son transport. Le titulaire de l'autorisation d'émettre utilise son indicatif d'appel suivi du suffixe «/ P » en CW ou «

Portable » en téléphonie. Ainsi, un radioamateur émettant en CW depuis sa résidence secondaire utilisera un indicatif d'appel sous la forme «7X2 ARA / P ». Il en est de même pour les stations en mobile /M et maritime mobile /MM.

Une **station répétitrice** est une balise de fréquence fonctionnant obligatoirement en classe d'émission A1A, F1A ou F2A (*plus exactement A1B, F1B et F2B, voir § R-1.2*) ou toute autre installation automatique (Relais). La station pourra être établie sur un autre site que celui de la station de l'utilisateur, titulaire d'un certificat d'opérateur. Celle-ci ne doit pas être installée pour un usage personnel ou un groupe restreint. Elle ne doit transmettre que des informations conformes à la Réglementation : son indicatif d'appel, données relatives à sa position, à son fonctionnement et aux conditions locales intervenant sur les conditions de propagation radioélectrique. Un dispositif d'arrêt d'urgence doit être prévu.

Une **station peut être manœuvrée par le titulaire** de l'autorisation d'émettre ou un **opérateur occasionnel**; l'opérateur occasionnel ne peut pas contacter sa propre station, doit communiquer son indicatif après celui de la station utilisée (« 7X2 TT opéré par 7X5 LL »). Le contact sera inscrit sur le carnet de trafic de la station manœuvrée et l'opérateur occasionnel reportera le contact sur le carnet de trafic de sa propre station. Les **installations de radio-club** sont utilisées sous la responsabilité du titulaire de l'indicatif d'appel du Radio Club. Le responsable des installations du radio-club doit être titulaire d'un certificat d'opérateur. Le radio-club peut être exploité par tout opérateur titulaire d'un indicatif ou par les S.W.L (écouteur d'ondes courtes) membre de l'association des radioamateurs algériens en attente d'autorisation (indicatif)

Sanctions : Extrait du code des postes et télécommunications J.O.....*

Article 47 : toute personne qui viole le secret de la correspondance confiée au service des télécommunications est puni des peines prévues à l'article 137 du code pénal.

Article 48 : Toute personne qui sans autorisation de l'expéditeur et/ou du destinataire, divulgue, publie ou utilise le contenu des correspondances transmises par la voie radioélectrique ou révèle de leur existence est punie des peines portées à l'article 303 du code pénal.

Toute personne qui sciemment transmet ou met en circulation, par voie radioélectrique, des signaux ou appels de détresses faux ou trompeurs, est punie d'un emprisonnement de deux (02) mois à un (01) an et d'une amende de 2.000 DA, ou l'une de ces peines seulement. Les appareils utilisés par le délinquant et/ou ses complices peuvent être confisqués.

Formation des indicatifs d'appel : tous les indicatifs d'appel algériens sont formés selon les règles établies par l'ANF (grille de codification des indicatifs des services d'amateur et amateur par satellite). La zone (région) où est domicilié le titulaire de l'indicatif détermine le préfixe de la station.

- L'indicatif est indiqué sur la licence
- Il est attribué qu'à une seule personne. Il est unique.
- L'indicatif est composé d'un **préfixe** et d'un **suffixe** : les premières lettres (ou chiffres), au début de l'indicatif détermine le pays. Le préfixe pour l'Algérie est **7X** suivi d'un chiffre de zone géographique, ensuite vient le suffixe qui est constitué de 2 ou 3 lettres déterminées par l'ANF. Toutefois, pour des occasions spéciales, d'autres préfixes peuvent être attribués. A l'occasion d'événements particuliers, les radioamateurs Algériens peuvent obtenir un préfixe spécial (par exemple 7W, 7.etc.). De plus, des stations qui participent ou organisent des concours internationaux peuvent obtenir un indicatif spécial

Le découpage en zone pour l'Algérie est le suivant :

- 7X2 : partie nord centrale du pays
- 7X3 : Saoura et Grand Sud
- 7X4 : partie nord-ouest du pays
- 7X5 : partie nord-est du pays
- 7X0 : attribué aux étrangers de passage ou résidents en Algérie

Quelques autres préfixes

F = France	CN = Maroc
JY = Jordanie	3V = Tunisie
BY = Chine	SU = Egypte
ON = Belgique	HS = Thaïlande
TA = Turquie	UA = Russie
VK = Australie	EA = Espagne
5V = Togo	6W = Sénégal

Les « **Call book** » sont des répertoires d'indicatifs publiés périodiquement par les associations ou des éditeurs au niveau mondial.

Chapitre 2 : EXPLOITATION Les bases techniques

Electricité : unités et grandeurs

Il y a de l'électricité (presque) partout, et vous ne vous en rendez compte que par ses effets. Vous constaterez, par exemple, qu'un peigne en plastique peut attirer des cheveux après que l'on se soit peigné. Des électrons ont été arrachés du peigne et sont, à nouveau, attirés. Cette perte d'électrons produit une charge positive, qui à son tour, exerce une force électrique.

Plus couramment, lorsqu'on utilise une lampe de poche, on fait appel à l'électricité. Une lampe de poche comporte un circuit électrique élémentaire avec une source de tension (la pile), un interrupteur, une ampoule et quelques petits bouts de conducteurs ou de fils pour réaliser le circuit. L'utilisation de l'électricité peut s'illustrer par de nombreux exemples.

La Tension ou le Voltage

La force électrique est appelée **tension**, elle est mesurée en **Volts (V)**. On dit que l'unité de tension est le volt. La tension est symbolisée par la lettre **V**. Elle peut être mesurée avec un appareil appelé **voltmètre**. La tension est la force qui met en mouvement l'électricité dans un circuit. Cette force peut être forte ou faible en fonction de la source. Une simple pile produit une tension assez faible (1,5 V), c'est la raison pour laquelle les lampes de poches ne sont pas très puissantes. On peut obtenir une plus forte tension en mettant plusieurs piles. C'est la raison pour laquelle il faut beaucoup de piles de 1,5 V dans les lampes de poches puissantes de même que dans les voitures téléguidées.

En Algérie, la tension fournie par le réseau électrique est bien plus élevée. Elle est de 230 V. Cette tension est assez élevée pour tuer une personne qui entre en contact avec elle.

La distribution de l'énergie électrique se fait avec des tensions encore beaucoup plus élevées allant de 5.000 V à 400.000 V !

Le Courant

Le passage de l'électricité dans un fil s'appelle **courant**, le courant se mesure en **Ampères (A)**. On dit que l'unité de courant électrique est l'ampère. Le courant est symbolisé par la lettre **I**. Il se mesure avec un appareil appelé **ampèremètre**.

Lorsque nous sommes en présence de courants importants, il faut utiliser des conducteurs de grand diamètre (de gros fils) : en regardant le diamètre des fils, nous pouvons avoir une idée de l'importance du courant. Comme des fils de plus gros diamètre coûtent plus cher et pèsent plus lourd, les constructeurs n'en mettent que la quantité vraiment nécessaire. Ainsi, le câble fin de votre radio réveil est justifié parce que ce radio réveil ne consomme que très peu de courant. Par contre, le gros câble de la cuisinière électrique indique que cet appareil consomme beaucoup de courant.

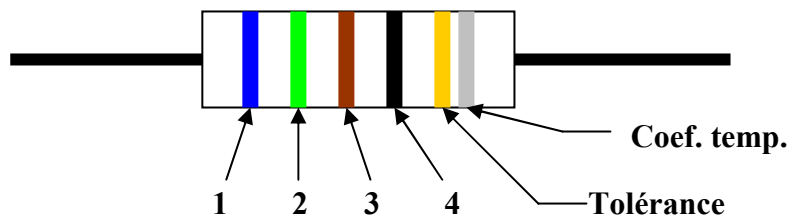
La Résistance

L'électricité rencontre une certaine opposition à passer dans les fils et dans l'appareil (la charge). Cette opposition s'appelle la **résistance**. La résistance, comme son nom le suggère si bien, est une mesure de la façon dont l'appareil résiste au passage du courant. Une forte résistance fera que le

courant ne passe pas facilement. Imaginez une résistance comme un obstacle qui essaye d'empêcher le courant de passer.

Code des couleurs : la valeur du composant résistance est rarement indiquée en chiffres sur celui-ci ; un code de couleurs défini dans le tableau ci-dessous est utilisé. Pour coder une valeur, trois bagues au moins sont nécessaires : les deux premières bagues indiquent les deux premiers chiffres de la valeur, la troisième bague indique le nombre de 0 de la valeur. Les bagues doivent se situer à gauche de la résistance et se lisent de la gauche vers la droite. Le code des couleurs des bagues de tolérance (4ème bague, quelquefois décalée par rapport aux trois premières) n'a pas à être connu pour l'examen. Les résistances auront donc une tolérance de 20%.

Code couleur des résistances



Couleur	1er anneau (valeur)	2ième anneau (valeur)	3ième anneau (valeur)	3 ^{ème} anneau (coeff. multiplicateur)	4ième anneau (tolérance)	5ième anneau (coef. température)
Noir	0	0	0	x 1 (Ohms)	-	200 ppm
Marron	1	1	1	x 10 (Ohms)	-	100 ppm
Rouge	2	2	2	x 100 (Ohms)	-	50 ppm
Orange	3	3	3	x 1 000 (ou x 1 KOhms)	-	15 ppm
Jaune	4	4	4	x 10 000 (ou x 10 KOhms)	-	25 ppm
Vert	5	5	5	x 100 000 (ou x 100 KOhms)	-	-
Bleu	6	6	6	x 1 000 000 (ou x 1 MOhms)	-	-
Violet	7	7	7	x 10 000 000 (ou x 10 MOhms)	-	-
Gris	8	8	8	x 100 000 000 (ou x 100 MOhms)	-	-
Blanc	9	9	9	-	-	-
Or	-	-	-	0,1	+/- 5%	-
Argent	-	-	-	0,01	+/- 10%	-
Rien	-	-	-	-	+/- 20%	-

Il existe une expression mnémotechnique pour se souvenir du code des couleurs :

Ne Mangez Rien Ou Je Vous Battraï Violemment, Grand BOA. L'initiale de chaque mot de la phrase correspond à l'initiale de la couleur. Attention à ne pas confondre les deux V (vert et violet) et les deux B (bleu et blanc) : Violemment correspond à Violet et le Blanc (valeur 9) est à la fin puisque le Noir (valeur 0) est au début. Le jour de l'examen, comme pour les quatre triangles des lois d'Ohm et de Joule, écrivez sur votre feuille de brouillon les initiales de la phrase mnémotechnique et le chiffre associé à l'initiale (de 0 à 9). La série des chiffres commence par 0 et l'ordre des couleurs (de rouge à violet) correspond à celui de l'arc-en-ciel. La première bague ne peut pas être noire car un nombre ne commence jamais par un 0 : pour coder 0,1 ? On utilisera : Marron, Noir, Argent ($10 \times 0,01 = 0,1$) puisque les résistances ont au moins trois bagues.

Une autre façon d'exprimer la même idée est de dire que quelque chose qui a une faible résistance est un bon **conducteur** de l'électricité, tandis que quelque chose qui a une forte résistance est un mauvais conducteur. Si la résistance est tellement grande qu'il est pratiquement impossible qu'il y passe du courant, on parle d'isolant. Remarquez que nous avons dit "pratiquement impossible" car, si nous augmentons très fortement la tension, il passera malgré tout un peu de courant dans l'isolant.

La résistance se mesure en **Ohms** qui est symbolisée par la lettre grecque Ω (Prononcez "oméga"). La résistance est symbolisée par la lettre **R**. Une résistance peut être mesurée avec un appareil appelé **ohmmètre**.

Les multiples et sous multiples

Dans le monde scientifique et technique, il est courant de travailler avec des mesures qui sont très grandes ou très petites. On doit alors utiliser des unités dérivées pour ne pas être obligé d'écrire des nombres avec beaucoup de zéros.

Considérons un instant l'unité de poids, c.-à-d. le gramme. Un gramme représente une très petite quantité, et, dans la vie courante, on utilise plutôt le kilogramme. Un kilogramme vaut mille grammes. Toutefois le pharmacien, lorsqu'il fait des préparations utilise plutôt des milligrammes. Un milligramme vaut un millième de gramme.

Il existe ainsi beaucoup de façons d'énoncer des multiples ou sous-multiples pour de très grandes ou de très petites valeurs.

milli signifie millième, ou $1/1000$ ou $0,001$, et s'écrit "**m**" comme par exemple $100 \text{ mV} = 100 \times 0,001\text{V} = 0,1\text{V}$ ou $5 \text{ mA} = 5 \times 0,001\text{A} = 0,005\text{A}$

Kilo signifie mille et s'écrit "**k**", comme par exemple $1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ Volts}$, et $27 \text{ k}\Omega = 27\,000\Omega$

Méga signifie million et s'écrit "**M**", comme par exemple $26 \text{ M}\Omega = 26\,000\,000 \Omega$

La loi d'Ohm

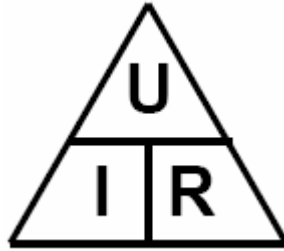
La loi d'Ohm s'énonce comme suit : "Le courant qui passe dans un circuit est directement proportionnel à la tension appliquée à ses bornes et inversement proportionnel à la résistance du circuit". Cela vous paraît-il compliqué ? En réalité, ce ne l'est pas, c'est juste un peu de bon sens. Si la tension (V) est la force qui fait circuler le courant (I), alors il est logique que plus cette force est grande, plus le courant est fort. C'est exactement ce que dit la première partie de la loi d'Ohm. Voyons à présent la deuxième partie.

Nous avons déjà dit qu'il faut considérer une résistance comme quelque chose qui s'oppose au passage du courant. Plus cette force d'opposition (cette résistance) est grande, plus le courant est

faible. C'est la deuxième partie de la loi d'Ohm. La loi d'Ohm établit une relation entre la tension (U), le courant (I) et la résistance (R). En fait, cette relation mathématique est très simple :

Tension = Courant x Résistance ou $U = I \times R$

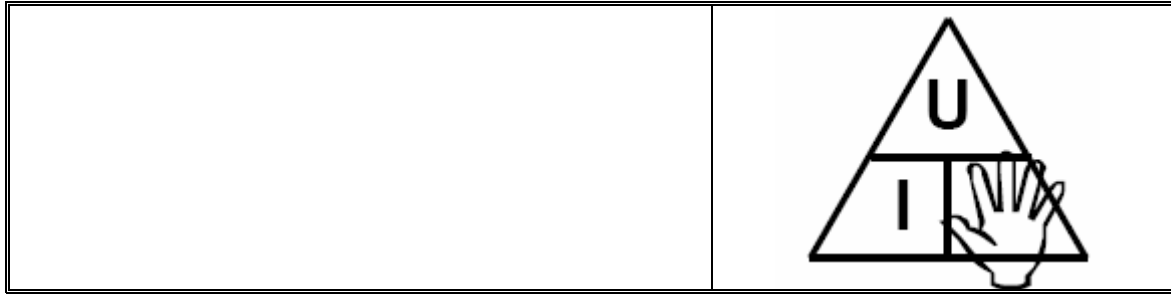
Souvent en mathématique, le signe multiplié (x) est omis, de sorte que l'on écrit souvent $U = I R$. Le triangle est un bon aide mémoire et est plus facile à utiliser qu'apprendre la formule par coeur. Il nous permet de voir ce qu'il faut faire pour calculer une valeur : cachez simplement ce que vous voulez calculer et le triangle vous montre ce qu'il faut faire.



Mémorisez bien la position des trois lettres U, I et R.

Quelques exemples pour bien comprendre le fonctionnement de ce triangle

<p>1. Une batterie de 5 V est connectée à une lampe dont la résistance est de 20Ω. Quel est le courant qui y passe ?</p> <p>Si nous voulons calculer le courant, nous cachons la lettre I et le triangle montre V/R donc $I = V/R$ donc $I = 5 V / 20 \Omega = 0,25 A$</p>	
<p>2. Une pile est connectée à une ampoule de 300Ω. On a mesuré un courant de 0,02 A. Quelle est la tension de la pile ?</p> <p>Si nous voulons calculer la tension (V), nous cachons la lettre V et le triangle nous montre $I R$ donc $V = I R$ donc $V = 300 \Omega \times 0.02 A = 6 V$</p>	
<p>3. Une batterie de 6 V est connectée à un moteur. Le courant que l'on a mesuré est de 0,15 A. Quelle est la résistance du moteur ?</p> <p>Si nous voulons calculer la résistance (R), nous cachons la lettre R et le triangle nous montre V / I donc $R = 6 V / 0,15 A = 40 \Omega$</p>	



Etait-ce difficile ? Oui ? Non ? La bonne nouvelle est que ce ne sera jamais plus compliqué que cela !
Exercices complémentaires (à faire à la maison comme devoir) :

- 1) $R = 10 \Omega$, $U = 5 \text{ V}$, $I = ?$
- 2) $R = 30 \Omega$, $U = 12 \text{ V}$, $I = ?$
- 3) $R = 1 \text{ k}\Omega$, $U = 5 \text{ V}$, $I = ?$
- 4) $R = 100 \Omega$, $I = 20 \text{ mA}$, $U = ?$
- 5) $R = 5 \Omega$, $I = 8 \text{ A}$, $U = ?$
- 6) $I = 3 \text{ A}$, $U = 15 \text{ V}$, $R = ?$
- 7) $U = 15 \text{ V}$, $I = 3 \text{ mA}$, $R = ?$
- 8) $I = 0,7 \text{ A}$, $U = 14 \text{ V}$, $R = ?$

De la loi d'Ohm ($U = I \times R$), on doit bien retenir que dans un circuit avec un générateur (par exemple une pile) et une résistance, si la résistance augmente, le courant diminue et inversement !

Groupements Série et Parallèle (ou Dérivation) : les résistances peuvent être groupées en série (les unes derrière les autres) ou en parallèle (le terme « dérivation » est aussi employé). En appliquant les lois d'Ohm et de Joule ainsi que la loi des nœuds et des mailles, on déduit, pour chacun des montages:

- les résistances équivalentes de l'ensemble (ou résistances totales notées R_t ; R_t se prononce « R indice t » ou plus couramment « R de t »),
- la répartition de la tension totale (notée U_t) entre les différentes résistances (U_{R1} est la tension aux bornes de la résistance R_1 ; U_{R1} se prononce « U indice R_1 » ou plus couramment « U de R_1 »), $0 \text{ V} = \text{masse}$
- la répartition de l'intensité totale parcourue dans le circuit (notée I_t) entre chacune des résistances (I_{R1} est l'intensité parcourue dans R_1),
- la répartition de la puissance dissipée totale (notée P_t) entre chacune des résistances du groupement (P_{R1} est la puissance dégagée par R_1) ;
- enfin, nous étudierons le cas où les résistances du groupement ont des valeurs identiques.

Groupement	Série	Parallèle (ou Dérivation)
Schéma		
Résistance équivalente	$R_t = R_1 + R_2 + \dots$	$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ (Produit sur Somme) $R_1 + R_2$ (=les Pieds sur le Sol) ou $R_t = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + \dots)$
Tension	Prorata des résistances $U_{R1} = U_t \cdot (R_1 / R_t)$ $U_t = U_{R1} + U_{R2} + \dots$	Constante $U_t = U_{R1} = U_{R2} = \dots$
Intensité	Constante $I_t = I_{R1} = I_{R2} = \dots$	Prorata inverse des résistances $I_{R1} = I_t \cdot (R_t / R_1)$ $I_t = I_{R1} + I_{R2} + \dots$
Puissance dissipée	$P_t = U_t \cdot I_t = P_{R1} + P_{R2} + \dots$ $P_{R1} = U_{R1} \cdot I_t = P_t \cdot (R_1 / R_t)$ Prorata des résistances	$P_t = U_t \cdot I_t = P_{R1} + P_{R2} + \dots$ $P_{R1} = U_t \cdot I_{R1} = P_t \cdot (R_t / R_1)$ Prorata inverse des résistances
Groupements de n résistances de valeur identique (R)	$R_t = R \cdot n$ $I_R = I_t$ $U_R = U_t / n$ $P_R = P_t / n$	$R_t = R / n$ $I_R = I_t / n$ $U_R = U_t$ $P_R = P_t / n$

Dans un **groupement série**, la résistance équivalente du groupement de résistances est toujours supérieure à la valeur de la plus grande résistance du groupement. De plus, la tension aux bornes de la résistance la plus grande est la plus importante, de même que la puissance dissipée par cette même résistance (répartition de la tension et de la puissance de l'ensemble au **prorata de la valeur des résistances**) tandis que l'intensité est constante.

Quand le groupement en série est constitué de **n résistances de valeur identique R**, la résistance équivalente est : $R_t = R \times n$. Dans ce cas, les tensions aux bornes de chacune des résistances et leurs puissances dissipées sont identiques ($U_R = U_t / n$ et $P_R = P_t / n$).

Un **groupement en dérivation** se nomme aussi **groupement en parallèle**. Dans un tel montage, la résistance équivalente du groupement de résistance est toujours inférieure à la plus petite des résistances constituant le groupement. La plus faible résistance du groupement voit passer la plus forte intensité et dissipe le plus de puissance (répartition de la tension et de la puissance dissipée de l'ensemble au **prorata inverse de la valeur des résistances**) tandis que la tension est constante. Noter que dans les deux proratas (tension dans un groupement série et intensité dans un groupement parallèle), le numérateur est toujours inférieur au dénominateur. La formule de la résistance équivalente d'un groupement en dérivation, $R_t = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$, peut se retenir avec l'expression mnémotechnique «les Pieds sur le Sol» correspondant aux initiales de «Produit des résistances sur (= divisé par) Somme des résistances». Cette formule simplifiée ne fonctionne qu'avec deux résistances. En présence de trois résistances en parallèle, il faut déjà calculer la résistance équivalente d'un groupement constitué de deux résistances puis calculer la résistance équivalente de ce premier groupe avec la troisième résistance.

Dans ce cas, la deuxième formule, $R_t = 1/[(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3)]$, est plus rapide à appliquer. Sur une calculatrice, on posera l'inverse de la somme des inverses des résistances, soit: $1.(1.R_1 + 1.R_2 + 1.R_3)$.

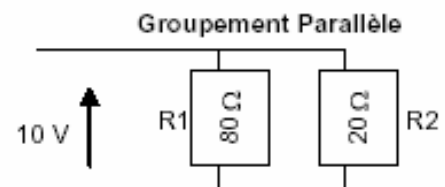
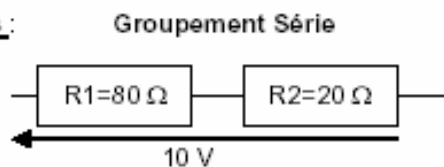
Dans un groupement de résistances en parallèle, on a $I_t = I_{R1} + I_{R2} + \dots$. En remplaçant I par U / R (loi d'ohm), on obtient : $U/R_t = U/R_1 + U/R_2 + \dots$. U étant en facteur commun (la tension est constante), on peut le remplacer par 1, d'où : $1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$. On reconnaît la formule de

base. Avec deux résistances et après la transformation du deuxième membre de l'équation par la mise sous un dénominateur commun, on a:

$1/R_t = [R_2 / (R_1 \times R_2)] + [R_1 / (R_1 \times R_2)]$, d'où: $1/R_t = (R_1 + R_2) / (R_1 \times R_2)$, d'où, après inversion, la formule simplifiée pour deux résistances : $R_t = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$

Quand le groupement en dérivation est constitué de **n résistances de valeur identique R**, la résistance équivalente est : $R_t = R / n$. Dans ce cas, les intensités parcourues et les puissances dissipées dans chacune des résistances sont identiques ($I_R = I_t / n$ et $P_R = P_t / n$).

Exemples :



Calcul de la résistance équivalente du groupement :

$$R_t = R_1 + R_2 = 80 + 20 = 100 \Omega$$

$$R_t = \text{Produit/Somme} = (80 \times 20) / (80 + 20) = 1600 / 100 = 16 \Omega$$

ou, en écriture naturelle : $R_t = 1 / (1/80 + 1/20) = 16$

Calcul de la tension aux bornes de la résistance R1 :

$$U_{R1} = U_t \times (R_1 / R_t) = 10 \times (80 / 100) = 8 \text{ V}$$

$$U_{R1} = U_t = 10 \text{ V}$$

Calcul de la tension aux bornes de la résistance R2 :

$$U_{R2} = U_t \times (R_2 / R_t) = 10 \times (20 / 100) = 2 \text{ V}$$

$$U_{R2} = U_t = 10 \text{ V}$$

ou par différence : $U_{R1} + U_{R2} = U_t$
d'où : $U_{R2} = U_t - U_{R1} = 10 - 8 = 2 \text{ V}$

Calcul de l'intensité parcourue dans le groupement :

$$I_t = U_t / R_t = 10 / 100 = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

$$I_t = U_t / R_t = 10 / 16 = 0,625 \text{ A} = 625 \text{ mA}$$

Calcul de l'intensité parcourue dans R1 :

$$I_{R1} = I_t = 100 \text{ mA}$$

$$I_{R1} = U_t / R_1 = 10 / 80 = 0,125 \text{ A}$$

ou, si U_t est inconnue : $I_{R1} = I_t \times (R_t / R_1) = 0,625 \times (16 / 80) = 0,125 \text{ A} = 125 \text{ mA}$

Calcul de l'intensité parcourue dans R2 :

$$I_{R2} = I_t = 100 \text{ mA}$$

$$I_{R2} = U_t / R_2 = 10 / 20 = 0,5 \text{ A}$$

ou, si U_t est inconnue : $I_{R2} = I_t \times (R_t / R_2) = 0,625 \times (16 / 20) = 0,5 \text{ A} = 500 \text{ mA}$
ou calcul par différence : $I_t = I_{R1} + I_{R2}$
d'où $I_{R2} = I_t - I_{R1} = 625 - 125 = 500 \text{ mA}$

Calcul de la puissance dissipée par le groupement :

$$P_t = U_t \times I_t = 10 \times 0,1 = 1 \text{ W}$$

ou $P_t = R_t \times I_t^2 = 100 \times 0,1^2 = 100 \times 0,01 = 1 \text{ W}$
ou $P_t = U_t^2 / R_t = 10^2 / 100 = 100 / 100 = 1 \text{ W}$

$$P_t = U_t \times I_t = 10 \times 0,625 = 6,25 \text{ W}$$

ou $P_t = R_t \times I_t^2 = 16 \times 0,625^2 = 16 \times 0,390625 = 6,25 \text{ W}$
ou $P_t = U_t^2 / R_t = 100 / 16 = 6,25 \text{ W}$

Calcul de la puissance dissipée par la résistance R1 :

$$P_{R1} = P_t \times (R_1 / R_t) = 1 \times (80 / 100) = 0,8 \text{ W}$$

ou $P_{R1} = U_{R1} \times I_{R1} = 8 \times 0,1 = 0,8 \text{ W}$

$$P_{R1} = P_t \times (R_t / R_1) = 6,25 \times (16 / 80) = 1,25 \text{ W}$$

ou $P_{R1} = U_{R1} \times I_{R1} = 10 \times 0,125 = 1,25 \text{ W}$

Calcul de la puissance dissipée par la résistance R2 :

$$P_{R2} = P_t \times (R_2 / R_t) = 1 \times (20 / 100) = 0,2 \text{ W}$$

ou $P_{R2} = U_{R2} \times I_{R2} = 2 \times 0,1 = 0,2 \text{ W}$
ou $P_{R2} = U_{R2}^2 / R_2 = 2^2 / 20 = 4 / 20 = 0,2 \text{ W}$
ou par différence : $P_{R2} = P_t - P_{R1} = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ W}$

$$P_{R2} = P_t \times (R_t / R_2) = 6,25 \times (16 / 20) = 5 \text{ W}$$

ou $P_{R2} = U_{R2} \times I_{R2} = 10 \times 0,5 = 5 \text{ W}$
ou $P_{R2} = U_{R2}^2 / R_2 = 10^2 \times 20 = 100 / 20 = 5 \text{ W}$
ou par différence : $P_{R2} = P_t - P_{R1} = 6,25 - 1,25 = 5 \text{ W}$

La connaissance de toutes les fonctions d'une calculatrice est indispensable pour effectuer les opérations le plus simplement possible et sans risque d'erreurs. Notez sur votre feuille de brouillon les résultats intermédiaires. Au besoin, redessinez le schéma pour le rendre plus compréhensible.

Quand les lois d'Ohm et de Joule sont maîtrisées, peu de calculs sont nécessaires. Par exemple: calcul de UR1 dans le groupement série : R1 est 4 fois plus importante que R2 ; la répartition de la tension totale (10 V) sera donc 4/5 sur R1 et 1/5 sur R2, donc UR1 = 10 x 4 / 5 = 8 volts (le calcul de Rt n'est plus indispensable).

Pour calculer la **résistance équivalente d'un réseau** complexe (enchevêtrement de résistances montées en série et en parallèle), la résistance équivalente de l'ensemble le plus élémentaire sera d'abord calculée. Puis la résistance équivalente de cet ensemble et d'une autre résistance du réseau sera calculée en associant les résistances dans des ensembles de plus en plus complexes.

Exemples : quelle est la résistance équivalente de cet ensemble ?

R totale (ensemble AB)

$$R_{AB} = \frac{150 \times 100}{150 + 100} = \frac{15000}{250} = 60$$

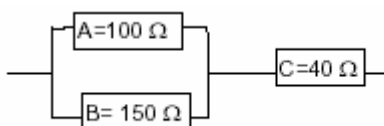
Réponse :

Les 5 résistances de gauche sont montées en dérivation et les 2 résistances de droite sont montées en série.

Premier groupement : $R_{G1} = R / n = 10 / 5 = 2$

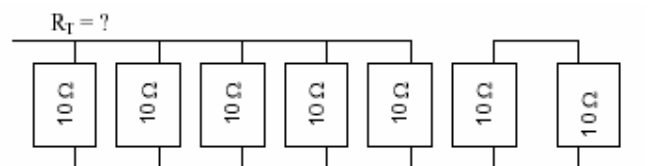
Second groupement : $R_{G2} = R \times n = 10 \times 2 = 20$

Ensemble : $R_T = R_{G1} + R_{G2} = 2 + 20 = 22$



Étape 1 :

Étape 2 :



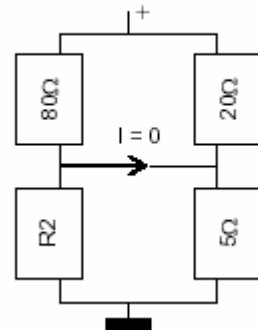
Autres exemples d'application avec des résistances

Exemple n°1 : dans le circuit ci-contre, quelle est la valeur de R2 ?

Réponses : 1ère solution (méthode empirique) : le schéma représente un pont de Wheatstone «équilibré» car, si aucun courant ne circule entre les deux ponts de résistances, c'est que la tension

aux bornes de R2 est égale à la tension aux bornes de la résistance de 5.. Dans ce cas, la valeur des résistances de chacune des branches (80. et R2 d'un côté et 20 .et 5 . de l'autre côté) sont proportionnelles entre elles. Ainsi, on a la relation suivante : $80 / R2 = 20 / 5$. Pour déterminer R2, il faut faire le «produit en croix »

(voir §0.1), c'est à dire que l'on prend le produit de la deuxième diagonale divisé par la valeur opposé. Dans notre exemple, ce sera :
 $R2 = 80 \times 5$ (produit de la deuxième diagonale) /
 20 (valeur opposée) = 20.



$$R2 = 80 \times 5 \text{ (produit de la deuxième diagonale)} / 20 \text{ (valeur opposée)} = 20.$$

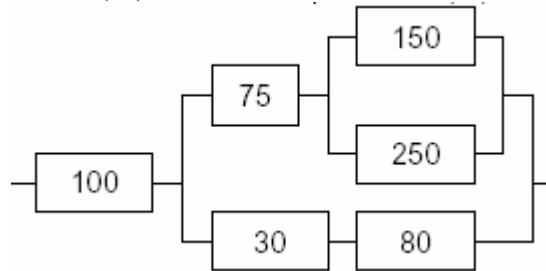
Remarquez qu'il ne nous a pas été utile de connaître la tension d'alimentation du circuit, UT. Toutefois, ce circuit doit être obligatoirement alimenté par une tension (positive ou négative voire alternative) sinon la valeur de R2 sera quelconque puisque, quelle que soit sa valeur, il n'y aura nulle part de courant dans le circuit.

Exemple n°4

Réponse :

enchevêtrement complexe : on va du plus simple au plus complexe : ensemble du haut 150-250 = $(150 \times 250) / (150 + 250) = 93,75$ associé à la résistance de 75 .en série : $93,75 + 75 = 168,75$ ensemble du bas 30-80 en série : $30 + 80 = 110$ ensemble 168,75-110 : $(168,75 \times 110) / (168,75 + 110) = 66,7$ associé à la résistance de 100 .en série : $66,7 + 100 = 167$ ensemble 150-250 : $1 \cdot (1 \cdot 150 + 1 \cdot 250) = 93,75$ associé à la résistance de 75 : $93,75 + 75 = 168,75 = 169$ ensemble du bas 30-80 : $30 + 80 = 110$; deux ensembles en parallèle : $1 \cdot (1 \cdot 169 + 1 \cdot 110) = 66,7$ associé à la résistance de 100 .en série : $100 + 66,7 = 166,7 = 167$

Quelle est la résistance équivalente (Rt) ?

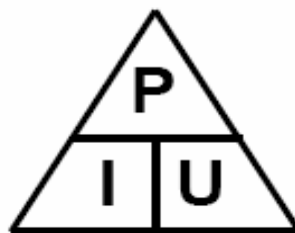


La puissance

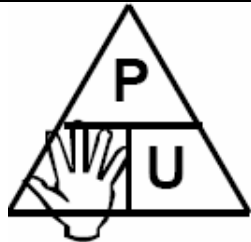

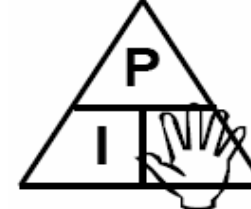
La puissance est la mesure de l'énergie qu'un appareil électrique fournit ou consomme par unité de temps. Cette puissance peut être mise en oeuvre de plusieurs façons, et souvent la puissance électrique est convertie en chaleur. Le filament d'une lampe est une résistance et, lorsque du courant la traverse, le filament devient chaud puis très chaud; on dit qu'il est incandescent et c'est ainsi qu'il brille. Notez qu'une lampe à incandescence de puissance plus élevée brille plus fort qu'une lampe de plus faible puissance. Ceci est dû au fait qu'il y a plus d'énergie convertie en chaleur (et donc aussi en lumière) que dans une lampe de puissance moins élevée .Notez que la conversion de l'énergie électrique en chaleur se manifeste chaque fois qu'un courant passe dans une résistance. Tous les fils (tous les conducteurs) ont une certaine résistance et c'est la raison pour laquelle ils chauffent lorsqu'on essaie d'y faire passer trop de courant. La puissance est mesurée en **Watts**, abrégé par la lettre **W**, tandis que la puissance est symbolisée par la lettre **P**. On peut calculer la puissance de la façon suivante :

$$\text{Puissance} = \text{Tension} \times \text{Courant} \text{ ou } P = U \times I$$

Comme précédemment le symbole "x" de la multiplication peut être omis, ce qui donne $P = U I$ Nous avons aussi un triangle aide-mémoire que nous pouvons utiliser comme pour la loi d'Ohm. En cachant l'élément que nous voulons calculer, nous obtenons la formule à utiliser. Nous constatons que la tension et le courant sont reliés à la puissance. Dans le cas des ampoules à incandescence, avec une même tension, une lampe de puissance supérieure doit consommer plus de courant qu'une lampe de puissance inférieure. Voyons comment utiliser le triangle avec quelques exemples.



Puissance = Tension x Courant ou $P = U \times I$

<p>1. Quel est le courant pris par une lampe de 100 W, si la tension du réseau est de 230 V ? Nous voulons calculer le courant (I). Nous cachons donc I et le triangle montre que : $I = P / V = 100 \text{ W} / 230 \text{ V} = 0,44 \text{ A}$</p>	
<p>2. Une lampe à incandescence est connectée à une batterie de 12 V et le courant est de 0,5 A. Quelle est la puissance consommée par cette lampe ? Nous voulons calculer la puissance (P). Nous cachons donc P et le triangle montre que : $P = I \times V = 0,5 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 6 \text{ W}$</p>	
<p>3. Un moteur consomme 1495 W et un courant de 6,5 A. Quelle est la tension d'alimentation ? Nous voulons calculer la tension (V). Nous cachons donc V et le triangle montre que : $V = P / I = 1495 \text{ W} / 6,5 \text{ A} = 230 \text{ V}$</p>	

Ceci n'était pas vraiment plus difficile que la loi d'Ohm que nous avons vue précédemment. D'un point de vue mathématique, nous ne verrons rien de plus compliqué, au contraire, cela va devenir plus simple !

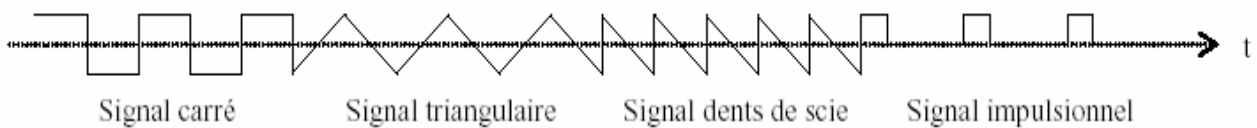
Exercices complémentaires (à faire à la maison comme devoir) :

- 1) $U = 5 \text{ V}$, $I = 2 \text{ A}$, $P = ?$
- 2) $U = 5 \text{ V}$, $I = 2 \text{ mA}$, $P = ?$
- 3) $U = 1 \text{ V}$, $P = 10 \text{ W}$, $I = ?$
- 4) $U = 0,5 \text{ V}$, $P = 10 \text{ W}$, $I = ?$
- 5) $I = 15 \text{ A}$, $P = 300 \text{ W}$, $U = ?$
- 6) $I = 150 \text{ mA}$, $P = 3 \text{ W}$, $U = ?$
- 7) $U = 15 \text{ V}$, $I = 3 \text{ mA}$, $P = ?$
- 8) $I = 0,7 \text{ A}$, $U = 14 \text{ V}$, $P = ?$

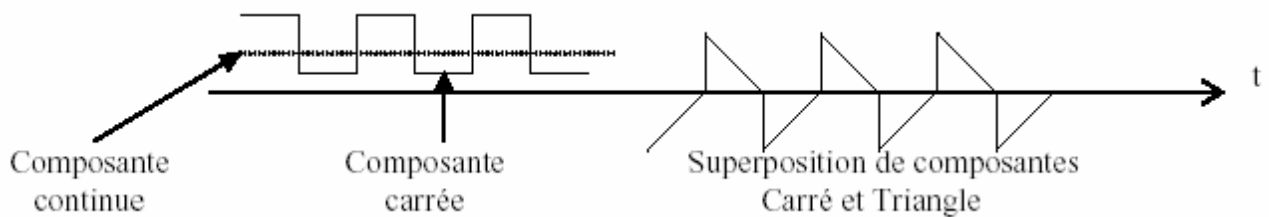
COURANTS ALTERNATIFS, BOBINES et CONDENSATEURS

Courants Alternatifs

Dans le précédent chapitre, nous avons vu le comportement des résistances dans le cas de courants continus. Or, dans le domaine qui nous intéresse, celui de la radio, les courants (tensions ou intensités) sont alternatifs (on dit aussi périodiques). Le courant est qualifié d'alternatif lorsqu'il change continuellement de valeur au cours du temps et que la forme du signal se répète. Les **courants alternatifs** peuvent prendre plusieurs formes : signal carré, signal triangulaire, signal dent de scie, signal impulsionnel pour les plus usuels.

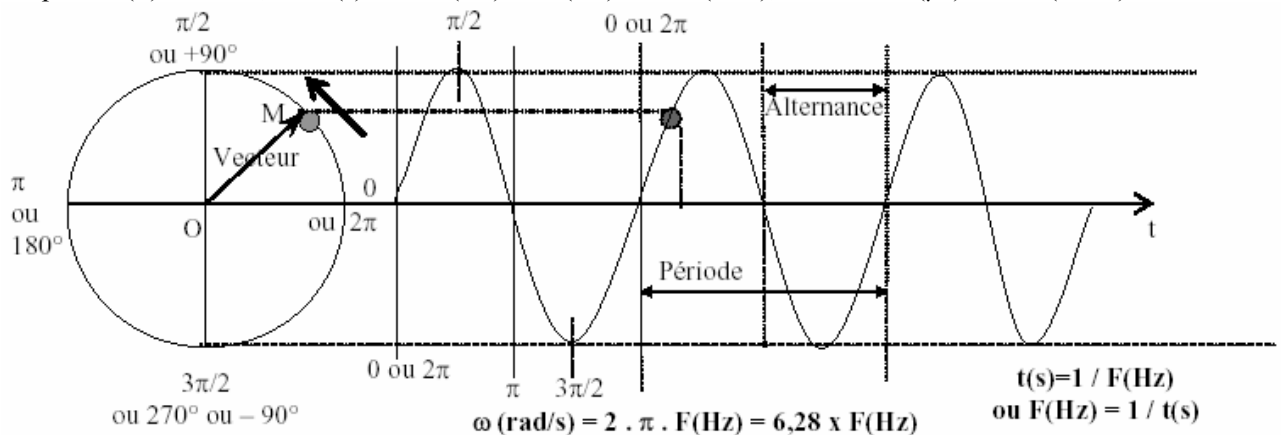


De même, plusieurs courants peuvent se **superposer** : courants continus et courants alternatifs mais aussi courants alternatifs entre eux. Superposer des courants revient à additionner leurs valeurs instantanées. Les courants qui résultent de ces superpositions seront toujours considérés comme des courants alternatifs.



Le signal **sinusoïdal** est la forme la plus régulière, sans à-coups, des signaux alternatifs. C'est cette forme de signal alternatif que nous retrouvons le plus souvent dans les applications radio.

La période est composée de deux **alternances** (une positive et une négative). Le nombre de périodes par seconde est donné en **hertz** (Hz). Le temps (t), en secondes, d'une période est l'inverse de la fréquence (F) en hertz, soit $t(s) = 1 / F(\text{Hz})$, ou $t(\text{ms}) = 1 / F(\text{kHz})$, ou encore $t(\mu\text{s}) = 1 / F(\text{MHz})$.



Exemple : Quelle est la fréquence (en kHz) d'un signal sinusoïdal composé de 5 alternances et durant 15 μs ?

Réponse : 5 alternances forment 2,5 périodes ; 1 période dure donc $15 \mu\text{s} / 2,5$ (durée totale / nombre de période) = 6 μs ; $F(\text{MHz}) = 1 / t(\mu\text{s}) = 0,166 \text{ MHz}$ soit 166 kHz

Valeur maximum, efficace, moyenne, crête à crête. Ces notions ne s'appliquent qu'aux courants, c'est-à-dire à la tension et à l'intensité (qui varient dans le temps dans le cas d'un signal alternatif) mais pas à la puissance (issu du produit de la tension par l'intensité) ni à la résistance (qui reste, par nature, constante).

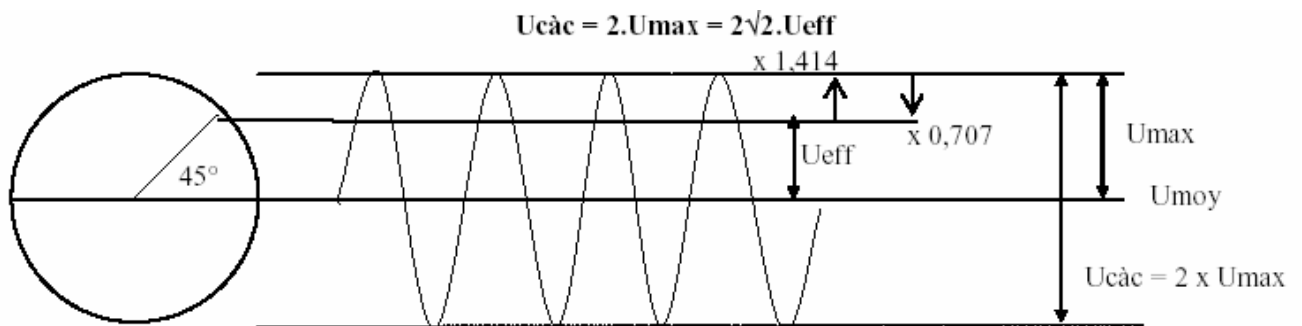
La **valeur maximale** (U_{max} ou I_{max}) d'un signal alternatif est la valeur la plus grande que prend le signal au cours d'une période. Elle est appelée aussi valeur crête.

La **valeur efficace** (U_{eff} ou I_{eff}) d'un signal alternatif est la valeur pour laquelle les lois d'Ohm et de Joule peuvent être appliquées. La formule ci-dessous est utilisée si et seulement si le signal est sinusoïdal. Des formules existent pour transformer les valeurs maximales d'autres signaux alternatifs (carrés, triangle, etc.) en valeurs efficaces mais sortent du programme de l'examen. On rappelle que le sinus de 45° est égal à $1/\sqrt{2}$, soit 0,707.

$$U_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}} = 1,414 \times U_{\text{eff}} \text{ ou } U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} / \sqrt{2} = 0,707 \times U_{\text{max}}. \quad (\sqrt{\quad} = \text{racine carrée})$$

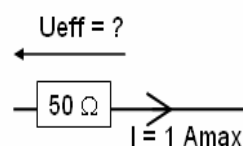
La **valeur moyenne** (U_{moy} ou I_{moy}) d'un signal alternatif est la moyenne algébrique du courant ou de la tension et est la valeur lue par un galvanomètre. La valeur moyenne d'un courant sinusoïdal dont la longueur est égale à un nombre entier de période (comme dans le schéma ci-dessous) est nulle car la surface des alternances positives est égale à celle des alternances négatives.

La valeur **crête à crête** ($U_{\text{càc}}$ ou $I_{\text{càc}}$), à ne pas confondre avec la valeur crête, est la valeur de l'écart entre l'extrême positif et l'extrême négatif du signal, soit 2 fois la valeur maximale pour un courant sinusoïdal.

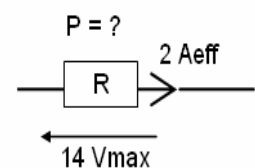


Exemples :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{eff}} &= I_{\text{max}} \times 0,707 \\
 I_{\text{eff}} &= 1 \text{ A max} \times 0,707 \\
 I_{\text{eff}} &= 0,707 \text{ A eff} \\
 U &= R \cdot I \\
 U &= 50 \times 0,707 = 35,35 \text{ V}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 P &= U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \\
 U_{\text{eff}} &= U_{\text{max}} \times 0,707 \\
 U_{\text{eff}} &= 14 \times 0,707 \approx 10 \text{ V eff} \\
 P &= 10 \text{ V} \times 2 \text{ A} \\
 P &= 20 \text{ W}
 \end{aligned}$$



Attention : seules les valeurs efficaces (U_{eff} et I_{eff}) doivent être utilisées dans les calculs en courants alternatifs sinusoïdaux. En effet, les lois d'Ohm et de Joule ne s'appliquent qu'avec des valeurs efficaces. Il faut donc transformer toutes les valeurs en valeurs efficaces avant d'effectuer d'autres calculs.

Nous avons vu que l'intensité est une agitation organisée d'électrons. En courant alternatif, les électrons continuent de s'agiter mais ne bougent presque plus de place. En revanche, la propagation de l'agitation se déplace à la vitesse de la lumière (ou presque), comme en courant continu, entre la source et la charge.

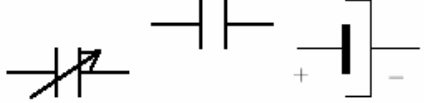

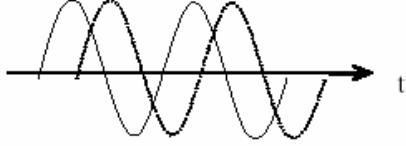
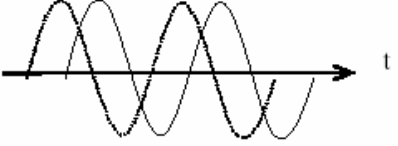
Bobines et Condensateurs : après le composant Résistance dont nous avons étudié le comportement en présence de courants continus et de courants alternatifs, nous étudions deux composants qui ont des comportements particuliers en présence de courants alternatifs : la bobine et le condensateur.

Attention : éviter d'utiliser le terme «self» pour désigner un enroulement électrique. Utiliser le mot bobine (ou bobinage). Le terme «self» est un anglicisme mal utilisé : il y a confusion entre un phénomène physique (selfinduction) et l'élément matériel qui le produit (bobine). De même, préférer le terme «réactif» à «selfique».

Dans les formules simplifiées qui suivront, le **facteur 159** est fréquemment utilisé au numérateur des fractions. Ce nombre correspond à une approximation de $1000 / 2\pi$ soit $1000 / 6,2832$. Les formules ainsi simplifiées donnent un résultat approximatif suffisant pour répondre aux questions de l'examen.

Dans les questions de l'examen portant sur des calculs faisant intervenir le nombre π (impédance, fréquence, ...), **les résultats sont toujours arrondis.**

Le condensateur et la bobine possèdent leurs propres caractéristiques et ont des comportements opposés mais complémentaires aussi bien en présence de courants alternatifs que de courants continus. Ces caractéristiques sont récapitulées dans le tableau suivant :

Composant	Condensateur	Bobine	
Différenciation condensateurs / bobines	Origines du phénomène	Effet électrostatique	
	<u>Schémas</u>		
	<u>Unités</u>	farad (F) μ F, nF, pF	henry (H) mH, μ H, nH
	<u>Dimensions</u>	$C = d \cdot S / E$ C = valeur du condensateur = capacité D = constante diélectrique de l'isolant S = surfaces en vis à vis E = épaisseur du diélectrique (isolant)	$L = F \cdot N^2 \cdot D^2$ L = valeur de la bobine = inductance F = facteur de forme ; N = nombre de spires ; D = diamètre de la bobine
	Calcul des valeurs avec les formules simplifiées	Formule avec diélectrique à air $C(pF) = 8,85 \cdot S (cm^2) / E (1/10 mm)$ Si le diélectrique n'est pas de l'air, il faut multiplier le résultat par le coefficient du diélectrique (voir ci-après)	Formule de Nagaoka simplifiée $L = \frac{N^2 \cdot R^2}{22,5 R + 25 B}$ avec L en μ H, N = nb de spires, R = rayon intérieur de la bobine (en cm), B = longueur de la bobine (en cm)
<u>Définitions physiques</u>	$C(F) = Q(C) / U(V)$ ou $Q = C \cdot U$ $E(J) = \frac{1}{2} \cdot Q(C) \cdot U(V) = \frac{1}{2} \cdot C(F) \cdot U^2(V)$ Q = électricité emmagasinée en Coulomb U = tension aux bornes de C; E = énergie en J	$L(H) = N \cdot \Phi(Wb) / I(A)$ N = nombre de spires ; I = intensité parcourue $\Phi = \text{flux généré par la bobine (en Weber)}$ $E(J) = \frac{1}{2} L(H) \cdot I^2(A)$	
Complémentarité condensateurs / bobines	<u>Fonctions</u>	laisse passer les tensions alternatives	s'oppose aux variations d'intensité
	<u>Impédance</u>	Capacitance : $Z_C = 1 / \omega C$ $Z(\Omega) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot F(Hz) \cdot C(F)}$	Réactance : $Z_L = \omega L$ $Z(\Omega) = 2 \cdot \pi \cdot F(Hz) \cdot L(H)$
	formule simplifiée	$Z(\Omega) = 159 / F(MHz) / C(nF)$	$Z(\Omega) = 6,28 \times F(MHz) \times L(\mu H)$
	Parallèle	$C_t = C1 + C2$	Montage rarement utilisé
	<u>Groupements</u>	Inverse des résistances $C_t = \frac{C1 \cdot C2}{C1 + C2}$	Comme pour les résistances $L_t = L1 + L2 \pm M$ M est la mutuelle induction entre L1 et L2
<u>Déphasage</u> de la tension aux bornes par rapport à l'intensité parcourue	U en retard de 90°	U en avance de 90°	
U = _____ I = _____			

Le **condensateur** est constitué de deux plaques métalliques en vis-à-vis et isolées par un diélectrique (isolant). Le condensateur fonctionne grâce à l'effet **électrostatique** entre ses deux plaques (ou lames). C'est l'effet observé en frottant une barre en plexiglas avec un chiffon qui attire de petits morceaux de papier. C'est aussi l'effet de la décharge électrique ressentie en touchant une masse métallique après que l'on se soit trop frotté les pieds sur la moquette : les électrons présents dans une des lames du condensateur constituent la réserve d'électricité et chassent les électrons qui sont en face, dans l'autre lame.

Certains condensateurs sont variables : les lames fixes sont montés dans une cage isolée des lames mobiles qui tournent sur un axe. La valeur du condensateur est fonction de la surface des lames en vis-à-vis. D'autres condensateurs, dont le diélectrique est chimique, sont polarisés : si la tension à leurs bornes est inversée ou supérieure à leur tension d'utilisation, ils chauffent et peuvent même exploser.

La formule de base du calcul d'un condensateur à partir de ses dimensions est: $C(F) = \epsilon.S(m^2) / E(m)$ avec ϵ = permittivité du diélectrique, S = surface des plaques en vis à vis et E = épaisseur du diélectrique. Plus la surface des lames en vis-à-vis est grande et plus l'épaisseur du diélectrique est faible, plus grande sera la valeur du condensateur que l'on appelle la **capacité**.

Le code des couleurs des condensateurs est identique à celui des résistances. Les couleurs se lisent du haut vers le bas (les pattes) et sont souvent au nombre de 5 : 1er chiffre, 2ème chiffre, Multiplicateur (comme pour les résistances). L'unité de base est le picofarad. Les deux dernières couleurs indiquent la tolérance (blanc : 10%, noir : 20%) et la tension à ne pas dépasser (rouge : 250 V, jaune : 400 V). Selon les fabricants, il existe d'autres présentations.

Un condensateur d'un farad peut, par définition, contenir dans ses lames une réserve d'électricité égale à un coulomb en présence d'une tension de un volt à ses bornes: $Q(C) = C(F) \cdot U(V)$. Plus la tension aux bornes du condensateur est élevée, plus la quantité d'électricité emmagasinée dans le condensateur est importante. De plus, la quantité d'énergie emmagasinée dans un condensateur est : $E(J) = \frac{1}{2} \cdot Q(C) \cdot U(V)$. En remplaçant Q ou U par sa valeur tirée de $Q = C \cdot U$, on a : $E(J) = \frac{1}{2} \cdot C(F) \cdot U^2(V)$ et encore : $E(J) = Q^2(C) / 2 \cdot C(F)$.

La **bobine**, quant à elle, fonctionne grâce à ses propriétés **électromagnétiques**. Le courant qui parcourt la bobine génère un champ électromagnétique autour et à l'intérieur des spires. Ce champ électromagnétique constitue la réserve d'énergie de la bobine (loi de Laplace). La valeur d'une bobine est appelé **inductance** et dépend de la forme de la bobine, de sa section (donc du carré de son diamètre) et du carré du nombre de ses spires.

Si la capacité des condensateurs est assez facile à déterminer grâce à ses dimensions, il n'existe aucune formule fiable pour le calcul de l'inductance des bobines: chacune a ses limites, toutes utilisent un coefficient issu du rapport diamètre/longueur de la bobine. La formule citée dans le tableau comparatif ne fonctionne qu'avec une bobine sans noyau comportant une seule couche de spires jointives et dont le rapport diamètre/longueur est compris entre 0,5 et 1. Pour un rapport différent ou des spires non jointives, le résultat sera une approximation quelquefois suffisante. L'inductance d'un fil rectiligne en cuivre est d'environ 1 μH par mètre.

Les grandeurs électromagnétiques sont :

- H (à ne pas confondre avec le H de l'unité des bobines, le Henry) est l'excitation magnétique d'une bobine mesurée en ampères-mètres (A.m) pour les fils rectilignes et en ampère-tour (A.t) pour les bobines,

- B est l'induction magnétique du champ mesurée en Tesla (1 Tesla = 10.000 Gauss). B est la valeur de l'excitation H agissant sur une surface plane et perpendiculaire à ses lignes de force.

μ (lettre grecque mu minuscule) est la perméabilité, c'est à dire l'aptitude d'un matériau (ou d'un milieu) à guider les champs magnétiques. μ est mesuré en H/m (Henry par mètre) et est donné par le rapport B / H .

- Φ (lettre grecque phi majuscule) est le flux d'induction magnétique mesuré en weber (Wb). Φ est la force électromagnétique créant aux bornes de la bobine une force électromotrice de 1 volt pendant 1 seconde

Par définition, le Henry (H) est l'inductance d'une bobine constituée d'une seule spire, parcourue par un courant de 1 ampère et générant un flux Φ de 1 weber qui, lui-même, peut libérer une énergie égale à 1 joule.

La quantité d'énergie emmagasinée dans une bobine est donnée par la formule: $E(J) = \frac{1}{2} L(H) \times I^2(A)$
 L'inductance de la bobine augmente en introduisant un noyau magnétique à l'intérieur des spires, ce qui augmente artificiellement la section de la bobine. Le noyau est constitué de différents matériaux (feuille de tôle, ferrite, poudre ferromagnétique) ayant chacun leur perméabilité relative notée μ_r et calculée par rapport à la perméabilité du vide, μ_0 , égale à $4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$. L'air sec a la même perméabilité que le vide. Les matériaux magnétiques sont le fer, le nickel, le cobalt et leurs alliages. Les ferrites sont des mélanges à base d'oxydes de fer. Leur μ_r varie de 20 à 3000 selon le matériau employé et leur forme. Elles sont utilisables sur une plage de fréquence donnée par le fabricant. Les conducteurs dont le μ_r est proche de 1 sont appelés paramagnétiques (aluminium, manganèse) s'ils s'aimantent dans le sens du champ magnétisant ou diamagnétiques (cuivre, zinc) s'ils s'aimantent en sens inverse.

Lorsqu'ils sont traversés par des courants alternatifs, les bobines et les condensateurs réagissent différemment: le condensateur ne laissera passer que la composante alternative d'une tension tandis que la bobine s'opposera à toutes variations de l'intensité qui la parcourt. Bien que ces phénomènes se mesurent en ohms, on ne peut plus parler de résistance car le phénomène est fonction de la fréquence du courant. De plus, aucune énergie n'est consommée car il n'y a ni dégagement de chaleur ni aucun signe de puissance consommée : les bobines et les condensateurs, s'ils sont parfaits, emmagasinent l'énergie puis la restituent à l'identique. Le terme d'**impédance** est employé et plus précisément de **réactance** dans le cas de la bobine et de **capacitance** (ou réactance négative) dans le cas du condensateur.

L'impédance de la bobine et du condensateur **varie en fonction de la fréquence** du courant qui les traverse : dans une bobine, plus la fréquence augmente et plus la valeur de la bobine est grande, plus l'impédance est élevée.

L'impédance de la bobine est nulle lorsque le courant qui la traverse est continu (fréquence nulle). Dans un condensateur, plus la fréquence augmente et plus la capacité du condensateur est grande, plus l'impédance est faible. L'impédance du condensateur est infinie (aucun courant ne traverse le condensateur) lorsque le courant qui le traverse est continu. On a l'impression que seule la composante alternative d'un courant traverse le condensateur. Mais ce n'est qu'une illusion: les électrons qui entrent dans le condensateur ne sont pas les mêmes que ceux qui sortent de l'autre côté car le diélectrique les sépare.

Les condensateurs et les bobines peuvent être montés en **groupement série ou parallèle**. Le montage des bobines en parallèle est peu utilisé. L'inductance équivalente des **bobines en série** est égale à la somme des inductances (comme pour les résistances) si les bobines ne sont pas couplées. Pour calculer la **capacité équivalente** des condensateurs, les formules de calcul sont inversées par rapport à celles utilisés pour les résistances. *La tension aux bornes d'un groupement de condensateurs montés en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chacun des condensateurs (loi des mailles), on a : $U_1 = UC_1 + UC_2 + \dots$. De plus, par définition, $Q = C \times U$, on en déduit que $U = Q / C$. Remplaçons U par sa valeur :*

$Q_1 / C_1 = Q_{C1} / C1 + Q_{C2} / C2 + \dots$. Du fait de la loi des mailles, la quantité d'électricité (Q) emmagasinée dans chacun des condensateurs (Q_{C1}, Q_{C2} , etc.) est égale à la quantité d'électricité emmagasinée dans l'ensemble (Q_1).

La valeur Q, commune aux deux membres de l'équation, peut être remplacée par 1: $1 / C_t = 1 / C1 + 1 / C2 + \dots$. On retrouve la formule des résistances en parallèle que l'on simplifie pour deux condensateurs par:

$C_t = (C1 \times C2) / (C1 + C2)$. La répartition de la tension entre les différents condensateurs se fait au prorata inverse de la valeur des capacités : le plus petit condensateur a la tension la plus élevée à ses bornes. Le groupement des condensateurs en parallèle se conçoit plus facilement : les surfaces en vis à vis s'additionnent et donc la capacité équivalente est la somme des valeurs de chacun des condensateurs du groupement.

Lorsqu'un courant sinusoïdal traverse une résistance, tension et intensité sont en phase. Par contre, lorsqu'un courant sinusoïdal traverse un condensateur ou une bobine, des **déphasages** entre tension et intensité se produisent. Le **déphasage introduit par le condensateur** entre la tension à ses bornes et l'intensité le traversant s'explique ainsi: lorsque le condensateur est « rempli », la tension à ses bornes est maximum et aucune intensité n'est constatée puisqu'il est plein. Dès que le condensateur se vide, un courant sort du condensateur (intensité négative) tandis que la tension (positive) diminue. Lorsque le condensateur est vide (tension nulle), l'intensité (négative) est à son maximum. Puis la tension à ses bornes s'inverse tandis que le courant (négatif) diminue jusqu'à devenir nul lorsque le condensateur est rempli. A ce moment, la tension est maximum et inversée par rapport au début. Puis le cycle continue en sens inverse lorsque le condensateur se vide à nouveau. Il y a d'abord établissement du courant puis établissement de la tension car le courant remplit le condensateur. **La tension est en retard de 90° par rapport au courant** (ou l'intensité est en avance de 90° sur la tension mais le déphasage est habituellement constaté par rapport au courant).

Le **déphasage introduit par la bobine** s'explique ainsi: lorsqu'un courant continu parcourt la bobine, elle crée un champ magnétique dans ses spires. En l'absence de variation du courant, aucune tension n'apparaît aux bornes de la bobine. Si le courant parcourant la bobine diminue, le champ de la bobine restitue l'énergie emmagasinée lors de la création du champ en générant une tension inverse comme si la bobine était un générateur. La tension (négative) sera maximum lorsque le courant sera nul car c'est à ce moment que la variation du courant est la plus importante. Lorsque le courant s'inverse, le champ magnétique s'inverse et la tension négative diminue. Lorsque l'intensité atteint son maximum en sens inverse, la tension est nulle et le champ magnétique a été inversé. Puis le cycle continue lorsque le courant traversant la bobine diminue de nouveau. Une tension est préalablement nécessaire pour générer un courant dans la bobine puis, une fois la réserve d'énergie créée sous la forme d'un champ magnétique, le courant s'établit. **La tension est en avance de 90° par rapport au courant**.

Exemple 1 : un condensateur variable a une capacité de 100 pF. Quelle sera sa valeur si la surface des lames en vis à vis est diminué de moitié?

Réponse : avec $C = d \cdot S / E$, si $S / 2$ alors $C / 2$ donc $C = 100 / 2 = 50$ pF

Exemple 2 : l'inductance d'une bobine cylindrique a une valeur de 5 μ H. Cette bobine possède 40 spires. Quelle sera la valeur de l'inductance avec seulement 10 spires (en nH) ?

Réponse : $L = F \cdot N^2 \cdot D^2$; si $N / 4 \iff L / 4^2 \iff L / 16 \iff L = 5\mu\text{H} / 16 = 0,3125 \mu\text{H} = 312,5$ nH ; en fait, comme la forme de la bobine change car elle est plus courte ou, si on l'étire pour garder la même longueur, l'espace entre les spires est plus grand, son inductance n'est pas exactement proportionnelle au carré des spires.

Exemple 3 :

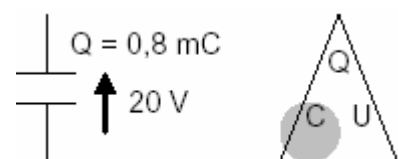


Réponse :

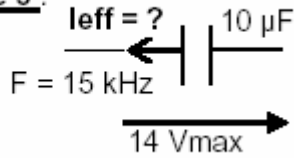
$$Z = \omega L = 2 \pi F L = 6,28 \times 8 \cdot 10^6 \times 12,5 \cdot 10^{-6} = 6,28 \times 8 \times 12,5 = 628 \Omega$$

Exemple 4 : quelle est la valeur du condensateur (en μ F) et la quantité d'énergie (en mJ) emmagasinée dans le condensateur ?

Réponses : $C(F) = Q(C) / U(V) = 0,0008 / 20 = 0,00004 F = 40 \mu F$
 $E(J) = \frac{1}{2} \times Q(C) \times U(V) = \frac{1}{2} \times 0,0008 \times 20 = 0,008 J = 8 mJ$



Exemple 5 :

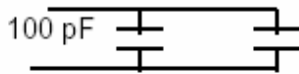


Réponse :

$$Z = 1 / (2\pi FC) = 1 / (6,28 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}) = 10^3 / (6,28 \cdot 15 \cdot 10) = 1000 / (6,28 \cdot 150) \approx 1 \Omega$$

$$14 \text{ V}_{max} \times 0,707 \approx 10 \text{ V}_{eff}; I = U / Z = 10 \text{ V} / 1 \Omega = 10 \text{ A}_{eff} \text{ (valeur exacte} = 9,33)$$

Exemple 6 : Calculer la capacité équivalente (en pF)



Réponse :

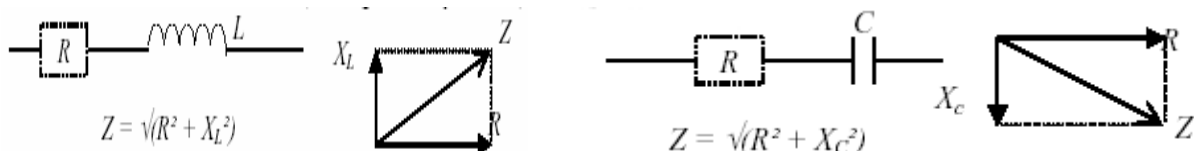
$$0,4 \text{ nF} = 400 \text{ pF}$$

$$C_t = C_1 + C_2 = 100 \text{ pF} + 400 \text{ pF} = 500 \text{ pF}$$

Calcul de l'impédance de bobines et de condensateurs non parfaits :

Les bobines et les condensateurs ne sont jamais parfaits : ils ont toujours une partie résistive que nous appelons résistance pure. Dans les schémas ci-dessous, la résistance pure est représentée en pointillé. Rappelons que, du fait de l'effet de peau, le courant ne se déplace qu'en surface des fils, ce qui rend le fil moins conducteur qu'à la simple lecture d'un ohm-mètre et ceci d'autant moins que la fréquence du courant est élevée.

La réactance (rapport U / I) de la bobine ou du condensateur ne peut pas s'additionner avec la résistance du fil à cause du déphasage de l'intensité par rapport à la tension aux bornes de la bobine ou de condensateur. La partie résistive (résistance pure du fil) ne s'ajoute pas arithmétiquement à la réactance (déphasage de 90°) comme dans le cas des résistances en série, mais géométriquement (somme vectorielle).



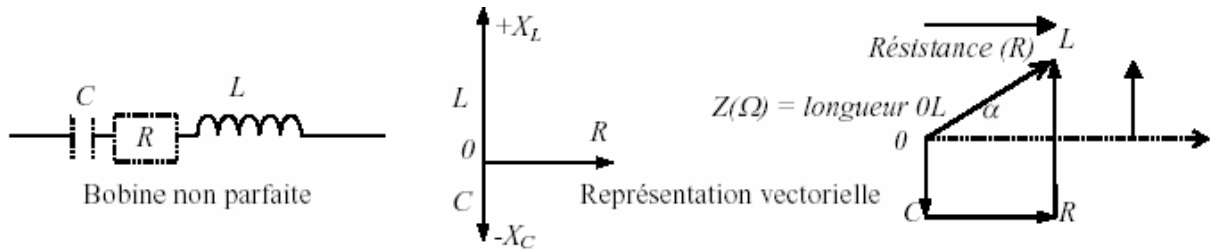
L'impédance équivalente (Z) d'un groupement en série d'une résistance et d'une bobine ou d'un condensateur se calcule en utilisant le théorème de Pythagore. R est le vecteur de la résistance ; X_L et X_C sont les vecteurs de la réactance de la bobine et du condensateur et sont perpendiculaires au vecteur R . La longueur des vecteurs est proportionnelle à leurs valeurs en Ω . Pour un composant idéal, sans résistance, le vecteur Z est vertical et $Z_L = X_L$ ou $Z_C = X_C$. Si la bobine ou le condensateur ne sont pas parfaits, la formule est : $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$.

De plus, un condensateur a toujours une composante réactive (bobine) à cause de la forme de ses armatures (formant un coude, par exemple). Une bobine a une composante capacitive liée à l'espacement entre ses spires.

Les trois vecteurs (R , L et C) sont représentés ci-dessous : en partant de 0 et en gardant la même échelle de longueur en Ω , le vecteur de réactance de la bobine (L) va vers le haut ($+90^\circ$), celui du condensateur (C) vers le bas (-90°), le vecteur de la résistance (R) va vers la droite (0° , pas de déphasage). On remarquera la similitude avec le cercle trigonométrique. En mettant les vecteurs R , L

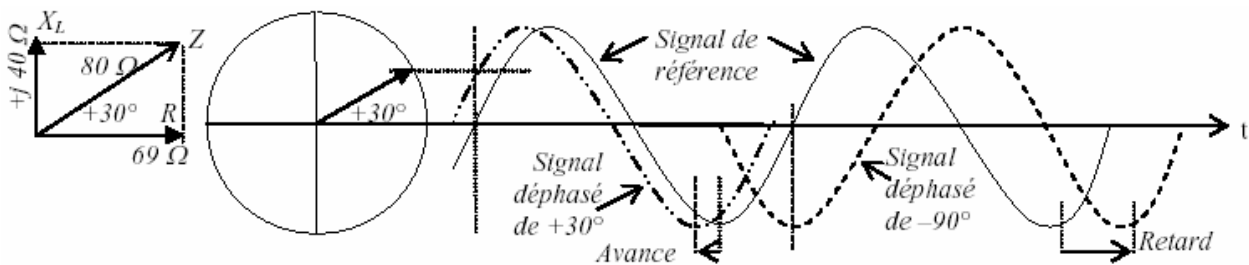
et C bout à bout, la résultante (somme vectorielle) donne la valeur de l'impédance et l'angle de déphasage de la tension par rapport à l'intensité. L'impédance (Z) est formée d'une résistance (R) et d'une réactance positive ($+X_L$) ou négative ($-X_C$) qui lui est perpendiculaire.

La valeur de l'impédance s'écrira sous la forme $R \pm jX$. Le symbole j et son signe indiquant le sens du déphasage signifie qu'on ne peut pas additionner (ou soustraire) R et X bien que tous deux se mesurent en Ω . Le rapport réactance/résistance détermine la tangente de l'angle de déphasage. Si l'angle de déphasage est positif, la réactance sera positive et la tension sera en avance par rapport à l'intensité. Dans le cas contraire, la réactance sera négative et la tension sera en retard par rapport à l'intensité. Dans le schéma ci-dessous, une bobine non parfaite est représentée : elle aura en série une résistance pure et une capacité parasite (en pointillé).



Exemple : une bobine de $6 \mu\text{H}$ est parcourue par un courant de $1,06 \text{ MHz}$. A cette fréquence, la résistance pure de la bobine est de 69Ω . Quelle est l'impédance de la bobine? Quel déphasage génère cette bobine non parfaite ?

Réponse : réactance de la bobine : $X_L = Z_L = 2 \pi FL = 6,28 \times 1,06 \cdot 10^6 \times 6 \cdot 10^{-6} = 6,28 \times 6,36 = 40 \Omega$
 $Z_L = \sqrt{(R^2 + X_L^2)} = \sqrt{(69^2 + 40^2)} = 80 \Omega$ Déphasage = $\arctg(X/R) = \text{tg}^{-1}(40/69) = \text{tg}^{-1}(0,5797) = +30^\circ$



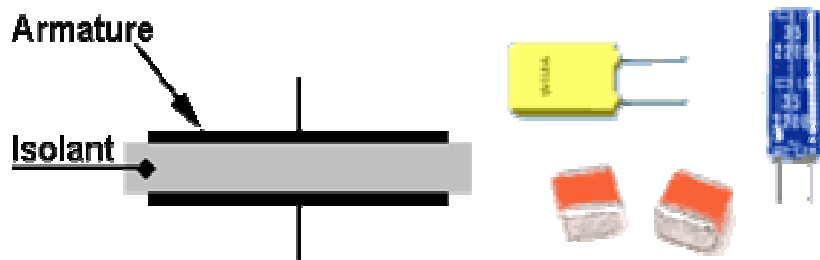
Le Condensateur

En 1745, à Leyde, trois savants (dont Cuneus et son professeur Musschenbroeck) inventent **le condensateur** plus connu sous la forme de "la bouteille de Leyde". Le condensateur moderne existe sous de nombreuses formes et ses domaines d'application se situent principalement en électricité (batterie de condensateur pour l'amélioration du cos phi ou facteur de puissance) et en électronique. Il est largement utilisé pour le filtrage des alimentations électroniques (condensateur chimique de grande capacité), l'accord des circuits hautes fréquences (téléphone mobile, satellites...), le couplage ou découplage de circuits...

Les progrès techniques aidant, les "super condensateurs" (condensateurs de très grande capacité) vont commencer à remplacer les piles de sauvegarde de certaines mémoires. Les recherches en cours nous font se demander où est la véritable frontière condensateur / accumulateur...

Définition du condensateur

On appelle **condensateur** l'ensemble de deux surfaces conductrices ou **armatures**, séparées par un **isolant** ayant une permittivité (ou constante diélectrique) donnée. L'isolant est souvent appelé "diélectrique".



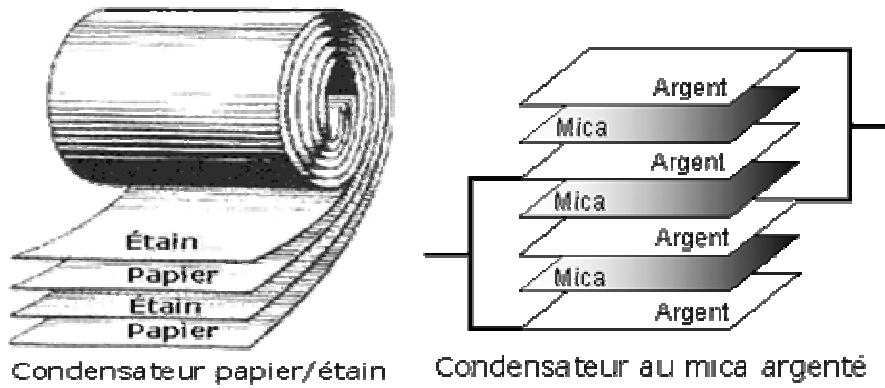
=> Deux feuilles d'aluminium séparées par une feuille de papier paraffiné forment un condensateur. Symbole du condensateur



Caractéristiques physiques du condensateur

Description d'un condensateur industriel

Ce type de condensateur est constitué de deux longues feuilles d'aluminium ou d'étain, séparées par deux longues bandes de papier. L'ensemble est enroulé et comprimé. Les feuilles métalliques sont les **armatures**, et le papier, le **diélectrique**. Chaque armature est reliée à une borne. Les gros condensateurs sont plongés dans une cuve pleine d'huile pour améliorer l'isolement



Caractéristiques électriques du condensateur

Capacité d'un condensateur :

La **capacité** d'un condensateur mesure son aptitude à emmagasiner (ou stocker) des charges électriques sur ces armatures. La capacité s'exprime en **farad**. Mathématiquement la capacité d'un condensateur est déterminé par

$$C = \frac{Q}{V}$$

$C \Rightarrow$ Farad (F)
 $Q \Rightarrow$ Coulomb (C)
 $V \Rightarrow$ Volt (V)

La capacité d'un condensateur est de **1 farad** si une différence de potentielle de 1 volt entre ses armatures y dépose une charge de **1 coulomb** (1 coulomb = 1 ampère pendant 1 seconde). Le farad étant une unité très grande, nous utiliserons plus couramment ses sous unités :

- le millifarad (mF) : $1\text{mF} = 10^{-3}$ Farad (filtrage pour ampli audio haut de gamme)
- le microfarad (μF) : $1\mu\text{F} = 10^{-6}$ Farad (filtrage alimentation cartes électroniques)
- le nanofarad (nF) : $1\text{nF} = 10^{-9}$ Farad (découplages et filtres actifs)
- le picofarad (pF) : $1\text{pF} = 10^{-12}$ Farad (circuits haute fréquence)

Physiquement, par sa construction mécanique, la capacité d'un condensateur est déterminé par :

- La surface des armatures
- L'épaisseur du diélectrique (isolant)
- La nature du diélectrique ou sa permittivité ϵ (epsilon).

$$C = \epsilon \frac{S}{e}$$

$C \Rightarrow$ Farad (F)
 $S \Rightarrow$ surface des armatures (m^2)
 $e \Rightarrow$ distance entre armatures (m)
 $\epsilon \Rightarrow$ permittivité absolue

Tension de service d'un condensateur

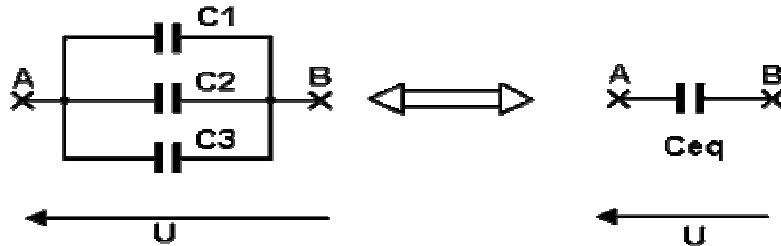
Lorsque les armatures d'un condensateur sont soumises à une tension trop élevée, une étincelle perce le diélectrique le condensateur est alors hors service. Ce phénomène est appelé **claquage** du condensateur. La **tension de service** d'un condensateur est la différence de potentielle maximale que l'on peut appliquer à ces armatures sans l'endommager. Elle dépend essentiellement de la qualité du diélectrique et de son épaisseur; nous parlons alors de **rigidité du diélectrique** (KV/mm).

Groupement de condensateurs

Condensateurs associés en parallèle

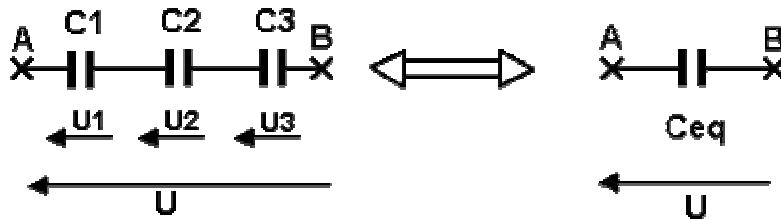
$$Q_1 = U.C_1 \quad Q_2 = U.C_2 \quad Q_3 = U.C_3$$

$$Q_{\text{totale}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = U (C_1 + C_2 + C_3) = U C_{\text{eq}}, \text{ D'ou : } C_{\text{eq}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$



Si nous associons plusieurs condensateurs **en parallèle**, la capacité équivalente de l'ensemble est égale à **la somme des capacités** des condensateurs associés.

Condensateurs associés en série



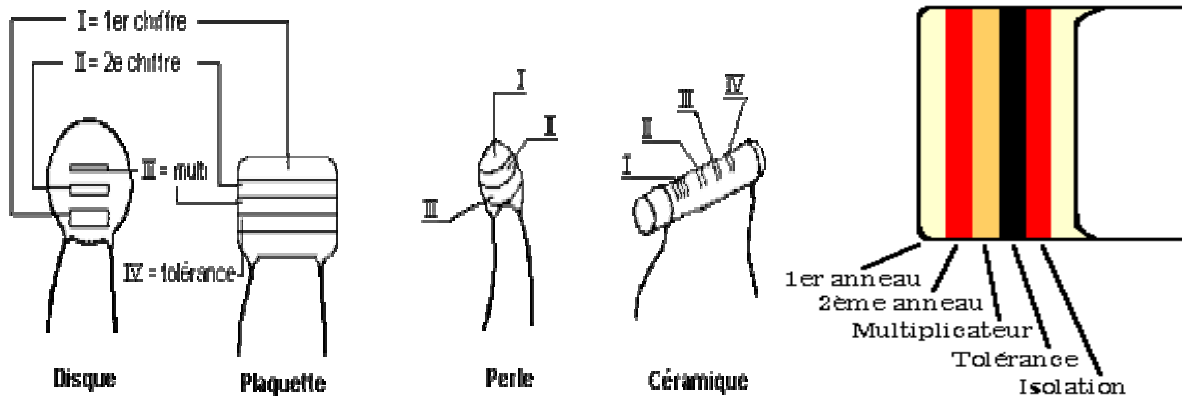
Tous les condensateurs en série se chargent à la même quantité d'électricité Q , d'ou : $Q = C_1.U_1 = C_2.U_2 = C_3.U_3$ et $Q = C_{\text{eq}} U$. Avec : $U = U_1 + U_2 + U_3$

Nous avons :

$$U = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = \frac{Q}{C_{\text{eq}}} \quad \text{d'ou :} \quad \frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Si nous associons plusieurs condensateurs en série, la capacité équivalente est telle que son inverse soit égal à la somme des inverses des capacités des condensateurs associés.

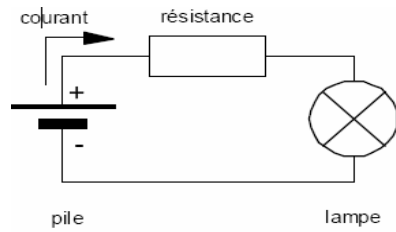
Code couleur des condensateurs



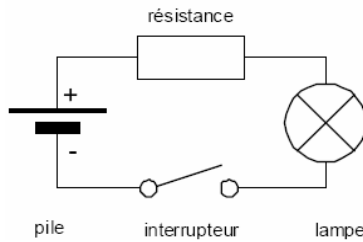
Couleur	I (valeur)	II (valeur)	III (coeff. multiplicateur)	IV (tolérance) pour C > 10 pF	V Isolation
Noir	-	0	x 1 (pF)	20%	
Marron	1	1	x 10 (pF)	1%	100 V
Rouge	2	2	x 100 (pF)	2%	250 V
Orange	3	3	x 1 000 (ou x 1 nF)	-	
Jaune	4	4	x 10 000 (ou x 10 nF)	-	400 V
Vert	5	5	x 100 000 (ou x 100 nF)	5%	
Bleu	6	6	x 1 000 000 (ou x 1 uF)	-	630 V
Violet	7	7	x 10 000 000 (ou x 10 uF)	-	
Gris	8	8	x 0,01 (pF)	-	
Blanc	9	9	x 0,01 (pF)	10%	
Or	-	-	-	-	

Les circuits électriques

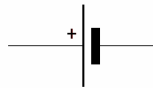
Lorsque nous raccordons plusieurs éléments électriques, nous obtenons un circuit. Le circuit comporte les différents composants, l'alimentation et les différentes connexions entre eux. Nous utilisons des symboles standardisés dans les dessins de manière à comprendre facilement les circuits dessinés par d'autres personnes. Dans la figure ci-dessous, nous avons une pile connectée à une lampe à incandescence et à une résistance. Le courant sort de la batterie à travers un fil vers la lampe. Le courant passe dans le filament de la lampe puis vers le fil puis, vers la résistance puis, encore par un fil vers la batterie. Il doit exister un chemin sans interruption entre la borne +, en passant par la lampe, la résistance pour arriver à la borne -, pour que le courant puisse passer.



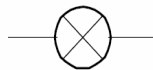
Si ce chemin est interrompu, le courant ne passera pas. C'est ainsi que fonctionne un interrupteur. Il coupe simplement le chemin entre les deux bornes de la batterie de sorte qu'aucun courant ne puisse passer. Voici donc notre nouveau schéma, avec un interrupteur.



Nous n'allons pas chaque fois indiquer le nom des composants, le dessin devrait suffire à lui seul une pile et son symbole la petite "bosse" au-dessus est la borne positive (+) qui est représentée par la ligne la plus longue dans le symbole. Remarquez que si on sait où se trouve le +, on sait automatiquement où se trouve le -. Il n'y a donc pas besoin de le dessiner.



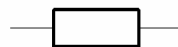
Une lampe à incandescence et son symbole.



Le symbole de l'interrupteur est représenté ci-contre.



Une résistance et son symbole



Les bandes colorées sur le corps de la résistance permettent de connaître sa valeur. Dans le cours, pour la licence complète, on apprend à lire ce code de couleurs. Une résistance possède une valeur spécifique qui limite le passage du courant dans un circuit.

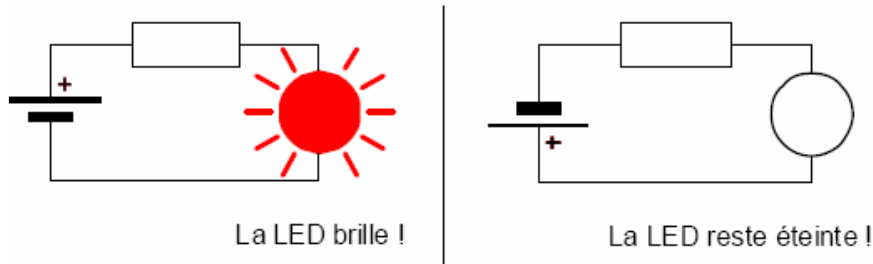
Rappelons-nous la loi d'Ohm : plus la résistance est élevée, plus le courant est faible. Si nous augmentons la résistance dans le circuit, l'ampoule va briller moins fort ; si nous la diminuons, l'ampoule va briller plus fort. Les résistances sont utilisées dans presque tous les montages électroniques pour limiter les courants à des valeurs déterminées.

La polarité

Si on raccorde une ampoule à une batterie, il ne faut pas tenir compte de la façon dont on connecte les fils. Quelle que soit la manière dont on connecte les fils, l'ampoule brillera.

Par contre, certains composants ne fonctionnent correctement que s'ils sont connectés d'une certaine façon à la pile (ou à la batterie). Ceci est dû au fait qu'il y a une polarité à respecter : les deux connexions de la batterie que nous avons désignées par positif (+) et négatif (-) sont appelées les pôles de la batterie.

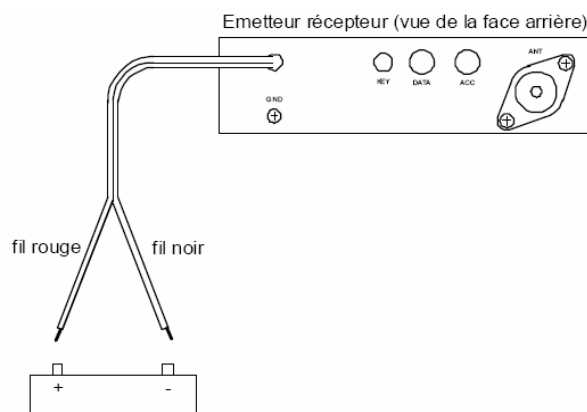
Une diode LED est un élément polarisé, dans un sens la LED brille, dans l'autre elle ne brille pas. C'est précisément la raison pour laquelle les fils de connexion d'une LED sont de longueurs inégales.



Un émetteur-récepteur de radioamateur est composé de centaines d'éléments polarisés et il est important de respecter la polarité.

Le fil rouge se connecte TOUJOURS à la borne +, tandis que le fil noir se connecte TOUJOURS à la borne -.

Si on ne respecte pas ces polarités, on risque des dégâts très importants d'où l'intérêt de faire très attention avant de connecter l'émetteur-récepteur.



A retenir :

- une source de tension (batterie) possède une certaine tension qui peut faire circuler un courant électrique dans un circuit.
- la résistance du circuit détermine le courant : plus la résistance est élevée, plus faible sera le courant.
- l'unité de tension est le volt (V) , l'unité de courant est l'ampère (A) et l'unité de résistance est l'ohm (O).
- la relation entre tension, courant et résistance est donnée par $U = I \times R$ (loi d'Ohm).
- la relation entre la puissance, la tension et le courant est donnée par $P = U \times I$.
- dans beaucoup de cas, il est important de tenir compte de la polarité, parfois c'est sans importance (une ampoule par exemple).
- connaître les symboles représentant une batterie, une résistance, un interrupteur et une lampe
- retenir milli (m), kilo (k) et méga (M).

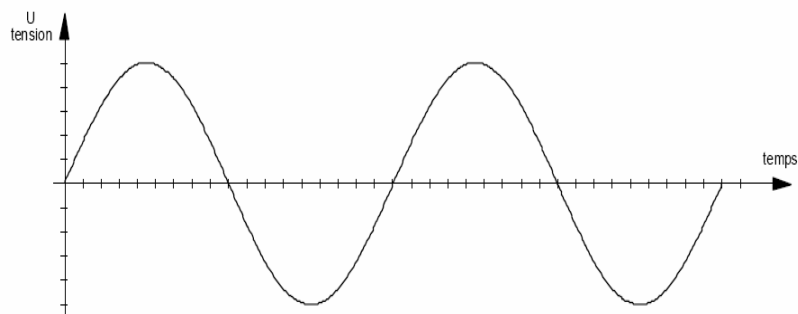
Le courant continu (DC) et le courant alternatif (AC)

Dans le circuit, la batterie fait circuler le courant dans une seule direction, du + vers le - On appelle cela du courant continu (en anglais, Direct Current ou DC). Une pile ou un accumulateur produit du courant continu grâce à une réaction chimique à l'intérieur de l'élément.

L'électricité qui provient du secteur est différente, la polarité change en permanence (plusieurs fois par seconde) et on l'appelle courant alternatif (en anglais Alternating Current ou AC).

Le courant alternatif est beaucoup plus facile à générer que le courant continu. Le courant alternatif peut facilement être transformé d'une tension vers une autre. Dans un générateur, une bobine qui tourne dans un champ magnétique génère un courant alternatif. Lorsque la bobine passe dans le flux dans un sens, elle sera le siège d'une tension, tandis que lorsque la bobine passe dans le flux dans l'autre sens, elle sera le siège d'une tension en sens inverse. Dans les équipements radio, les signaux sinusoïdaux sont générés par des oscillateurs.

La représentation typique d'un courant alternatif est donnée par la figure ci-dessous. Cette forme est connue sous le nom de sinusoïde. Remarquez que le passage d'une polarité à l'autre se fait en douceur. La sinusoïde passe par un maximum, puis diminue, passe par zéro, change de polarité et continue à augmenter vers la polarité opposée.



Certains équipements (ou composants) électroniques fonctionnent aussi bien en AC qu'en DC, une ampoule à incandescence est un bon exemple : peu importe la polarité, l'ampoule brillera toujours. Mais la plupart des équipements (ou des composants) doivent être alimentés dans un sens et pas dans l'autre. Des circuits spéciaux sont utilisés pour passer du courant alternatif au courant continu. Beaucoup d'appareils sont utilisés avec une alimentation qui convertit le 230 V alternatif en 13,8 V continu.

La fréquence

Lorsque nous avons à faire à du courant alternatif, il est intéressant de connaître sa valeur maximale. Il est aussi intéressant d'en connaître la fréquence. La fréquence mesure combien de fois la sinusoïde change de polarité. La fréquence est mesurée en cycles par seconde. Cette unité est appelée **hertz (Hz)**. En Europe, le réseau 230 V est à 50 Hz. Il y a donc 50 cycles complets par seconde. Un cycle est la différence de temps entre deux points identiques sur la sinusoïde.

Les sons sont formés de signaux alternatifs. Ce sont les molécules d'air qui vibrent en formant des ondes sinusoïdales. Dans les haut-parleurs, ce sont des signaux sinusoïdaux qui vont produire les pressions acoustiques qui finalement vont résulter en sons. L'oreille humaine est capable d'entendre des sons qui vont de **100 Hz à 15 kHz**, voire 20 kHz. La limite supérieure dépend d'un individu à l'autre et tend à diminuer avec l'âge. De même, une exposition prolongée à des sons de forte intensité va réduire la limite supérieure. Il faudra en tenir compte lorsque nous utilisons des casques. Cette gamme de fréquence est appelée **Audio Fréquence** ou **AF**.

La plupart des sons naturels sont des mélanges de plusieurs fréquences. Pour les communications par radio, on utilise uniquement la plage de fréquences de **300 à 3000 Hz**. C'est dans cette plage que se trouve la plupart de sons de la voix. Couper tout ce qui est en dessous de 300 Hz ou tout ce qui est au-dessus de 3000 Hz n'aura pas d'influence sur l'intelligibilité. Afin d'augmenter l'efficacité de la transmission, on peut même encore réduire cette bande. Ceci est le cas de la BLU (SSB) où le son peut être relativement rude. Les fréquences radio sont produites en envoyant du courant électrique dans une antenne. La fréquence de ces signaux est bien plus élevée que celle des signaux audio. Cette gamme de fréquences est appelée **Radio Fréquence** ou **RF**.

Les fréquences radio sont subdivisées en bandes, ainsi,

- entre 300 kHz et 3 MHz, on parle de **Medium Frequency** ou **MF**,
- entre 3 MHz et 30 MHz, on parle de **High Frequency** ou **HF**, mais dans la littérature française on trouve aussi le terme **décamétrique**,

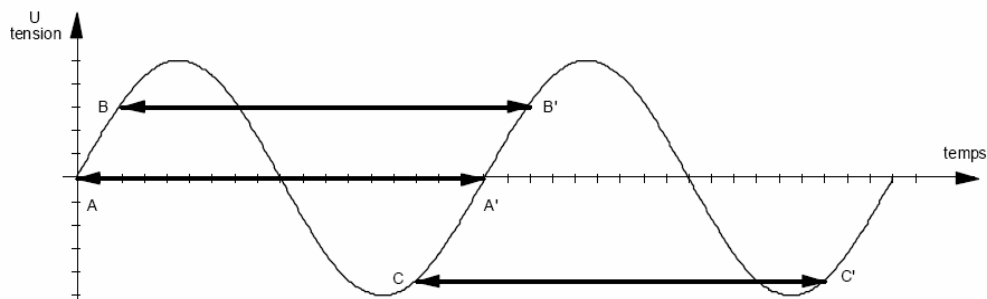
- entre 30 MHz et 300 MHz, on parle de **Very High Frequency** ou **VHF**, et
- entre 300 MHz et 3000 MHz, on parle de **Ultra High Frequency** ou **UHF**.

A retenir :

- les significations CC et CA (DC et AC en anglais).
- les significations de AF et de RF
- la représentation d'un signal sinusoïdal
- le fait qu'une sinusoïde est générée par un oscillateur.
- la fréquence du secteur (50 Hz).
- nos oreilles entendent de 100 Hz à 15 kHz. Pour la parole, on transmet de 300 Hz à 3 kHz.
- HF : 3 MHz à 30 MHz
- VHF : 30 MHz à 300 MHz
- UHF : 300 MHz à 3000 MHz

La longueur d'onde

La longueur d'onde est la distance qui sépare deux points identiques sur une onde, c'est la longueur d'un cycle. Imaginez des vagues sur un étang et imaginez en faire une vue en coupe. Les vagues ressemblent à des sinusoïdes. Leur longueur d'onde sera la distance entre les sommets. Les ondes radio se propagent de manière similaire en traversant l'espace. Il serait pratique de voir les ondes radio comme nous voyons les ondes à la surface de l'eau, mais malheureusement il n'en est pas ainsi ! La longueur d'onde est donnée par la lettre grecque λ (On appelle cette lettre **lambda**). La longueur d'onde se mesure en mètres. Sur le graphique ci-dessous, les lignes A-A', B-B' ou C-C' mesurent une longueur d'onde.



Remarquez que, lorsque la longueur d'onde devient plus grande, la fréquence diminue. La formule pour calculer la longueur d'onde en fonction de la fréquence est $f = 300/\lambda$ et inversement pour calculer la fréquence : $\lambda = 300/f$. Dans ces 2 formules, f est exprimé en Mégahertz (MHz) et λ , en mètres (m). Quelques exemples :

- 1) si $f = 2$ MHz, alors $\lambda = 300 / 2 = 150$ m
- 2) si $\lambda = 6$ m, alors $f = 300 / 6 = 50$ MHz
- 3) si $f = 150$ MHz, alors $\lambda = ?$
- 4) si $\lambda = 30$ m, alors $f = ?$

Lorsque nous parlons de bande de fréquences et, que nous voulons désigner les fréquences entre **14,000 et 14,350 MHz**, on pourrait dire "la bande des 14 MHz", mais il est plus courant de dire la "**bande des 20 m**". Remarquez que 14 MHz correspond très exactement à 21,428 m.

Les autres utilisateurs

Nous partageons le spectre radio avec beaucoup d'autres utilisateurs. Ces utilisateurs sont répartis en "**services**". On reconnaît ainsi la radiodiffusion, les services maritimes, l'aviation, les militaires et les radioamateurs. Chacun des groupes d'utilisateurs se voit allouer des segments de fréquences différentes ou des bandes

3. Dans certains cas, des services peuvent même partager la même bande. C'est le cas, par exemple, de la bande 70 cm (430 à 440 MHz) qui est attribuée au service radioamateur avec le statut primaire. Mais, cette bande peut aussi être utilisée pour les applications ISM (Industrial, Scientific and Medical) de même que pour des appareils à courte portée (télécommande, ouvre- porte, etc.). Pour savoir si une bande est partagée ou non, il faut regarder les tables de fréquences.

Il existe trois **statuts** pour les bandes :

- des bandes **primaires et exclusives** ou **PEX** : ces bandes sont attribuées aux radioamateurs et ils en sont les seuls utilisateurs

- des bandes **primaires** ou **P** : dans ce cas, la bande est attribuée aux radioamateurs mais d'autres utilisateurs peuvent également l'utiliser. Ces utilisateurs sont secondaires et n'ont pas de prérogatives.

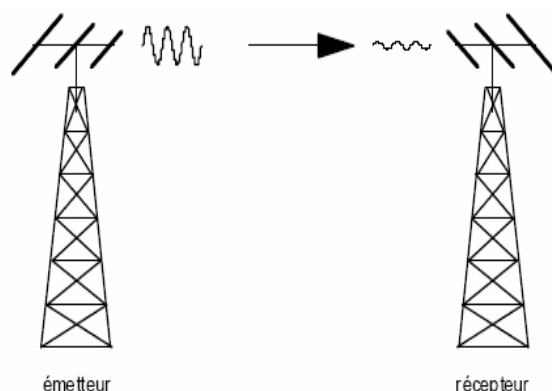
- des utilisateurs **secondaires** ou **S** : un utilisateur doit toujours vérifier si la fréquence n'est pas utilisée et, si c'est le cas, l'utilisateur primaire a priorité.

A retenir :

- la relation entre fréquence et longueur d'onde.
- il existe plusieurs utilisateurs du spectre des fréquences, chaque utilisateur a ses propres fréquences mais, parfois, des bandes de fréquences sont attribuées à plusieurs services.

Chapitre 3 : Emetteurs et Récepteurs

Pour réaliser une liaison radio, il faut un émetteur qui génère le signal radio et un récepteur qui le reçoit. L'émetteur et le récepteur sont donc le coeur de la station radioamateur. Dans le passé, il était courant que ces deux unités soient séparées ; mais actuellement elles sont combinées dans un même ensemble appelé émetteur-récepteur ou "transceiver". Transceiver est la contraction des mots **transmitter** et **receiver**.



Le fait d'utiliser un seul ensemble permet de mettre en commun un certain nombre d'éléments nécessaires à l'émission et à la réception. Pour l'utilisateur, c'est aussi un avantage car il n'y a qu'un seul bouton de réglage de fréquence et la fonction des boutons en est aussi simplifiée.

Bien que la plupart des équipements soient des transceivers (émetteur et récepteur intégrés dans un même boîtier), nous allons étudier l'émetteur séparément du récepteur. Pour la licence de base, nous ne devons pas étudier le fonctionnement en détail, mais nous devons comprendre la fonction de chacun des blocs.

Les dessins dans cette section sont exactement les mêmes que ceux utilisés lors de l'examen. Il est donc conseillé aux candidats d'étudier convenablement les schémas et de s'y familiariser.

Un émetteur simple

L'émetteur est l'équipement qui va générer le signal radio. Comme nous l'avons dit précédemment, les ondes radio peuvent se propager à de très grandes distances et le risque de produire des interférences est élevé. Pour cette raison, il est important de bien comprendre comment fonctionne un émetteur.

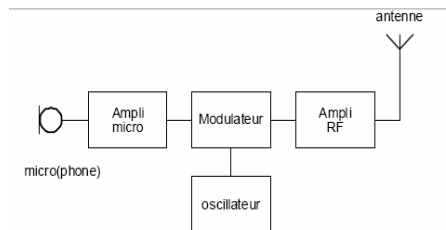
Pour transmettre, on doit tout d'abord fabriquer un signal à la bonne fréquence. Ceci est réalisé par un générateur de fréquences encore appelé **oscillateur**. Il est important que cette partie soit conçue et fabriquée avec beaucoup de soins. L'oscillateur doit générer un signal à la bonne fréquence. Si ce n'est pas le cas, le radioamateur avec qui vous voulez communiquer ne vous recevra pas, et vous pourrez causer des interférences à un autre utilisateur. Il est aussi possible qu'un oscillateur qui fonctionne mal produise un signal en dehors de la bande radioamateur. Ce signal incorrect peut même empêcher un autre utilisateur de recevoir le signal que, lui, désire entendre. Ceci peut être extrêmement dérangeant si on perturbe un service de secours. Tout ceci est une infraction aux conditions de votre licence. C'est pour cette raison que le détenteur d'une licence de base ne peut pas construire lui-même son émetteur-récepteur, mais qu'il doit acheter un appareil commercial qui a été approuvé. Un appareil approuvé correspond à des normes qui ont été fixées par les instances officielles. Ceci garantit qu'un équipement, utilisé correctement, n'émettra pas de signaux en dehors des bandes radioamateurs.

L'émetteur le plus simple est celui dans lequel les signaux sont commutés "on" et "off" avec une sorte d'interrupteur. Le code Morse (CW) est transmis de cette façon. Une clef Morse agit comme un interrupteur qui va enclencher l'émetteur "on" et "off" pour transmettre de l'information. On peut

ainsi transmettre des lettres, des chiffres et des signes de ponctuation. Il est évident que celui qui transmet et celui qui reçoit doivent tous deux connaître le code Morse. Si nous voulons transmettre quelque chose de plus compliqué, comme la voix ou une image, il faut utiliser un montage qui ajoute ce signal au signal radio. Un tel montage est appelé **modulateur**.

Les signaux que nous avons créés ne sont pas assez forts pour réaliser des radiocommunications, nous devons donc les amplifier. Ceci se fait dans un **amplificateur RF**. Les signaux amplifiés sont ensuite envoyés vers l'**antenne**.

Tous ces éléments sont connectés ensemble selon le schéma ci-dessous. Ce genre de dessin est appelé **schéma bloc**. Chaque fonction est représentée par un bloc (un rectangle), on ne détaille pas ce qu'il y a à l'intérieur (le schéma avec des composants) mais on en explique les fonctions.



Les symboles que nous devons apprendre sont donc :

bloc	microphone	antenne

A retenir :

- les éléments que l'on trouve dans un émetteur (microphone, ampli microphone, générateur de fréquence ou oscillateur, modulateur, ampli RF) et leurs interconnexions.

-que le générateur local va déterminer la fréquence d'émission et qu'un mauvais réglage pourrait nous amener à transmettre en dehors des bandes radioamateurs et donc à gêner d'autres utilisateurs du spectre.

-que dans le modulateur, on module une porteuse avec un signal vocal ou des données.

-l'amplification RF se produit dans le dernier étage.

-les symboles d'un micro et d'une antenne.

Modulation d'amplitude (AM) et modulation de fréquence (FM)

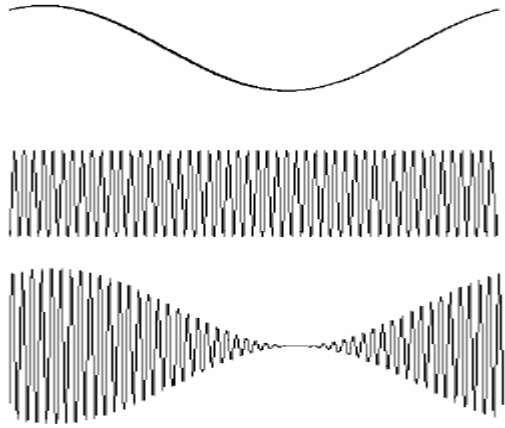
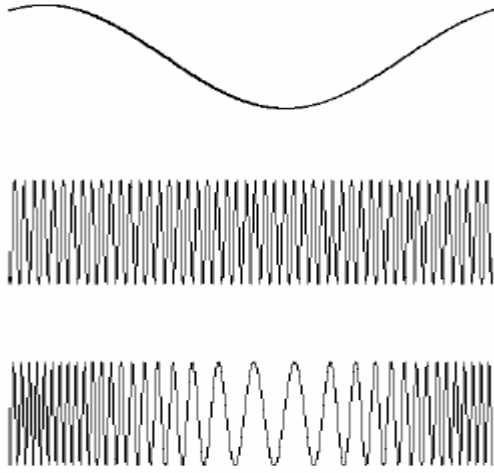
Le signal de base produit par un émetteur sans signal audio est appelé porteuse. On peut transmettre de l'information en coupant la porteuse, en la mettant « on » ou « off » (comme en Morse). Mais, on peut aussi transmettre la voix, des images ou des données venant d'un ordinateur. Une porteuse, (c.-à-d. un signal alternatif) est caractérisée par son amplitude et sa fréquence. Si on fait varier son amplitude en fonction de l'information à transmettre, on obtient de la **modulation d'amplitude** ou **AM**. De façon similaire, si on fait varier sa fréquence en fonction de l'information à transmettre, on obtient de la **modulation de fréquence** ou **FM**.

Les figures ci-après représentent :

- le signal à basse fréquence c.-à-d. l'information

- la porteuse dont la fréquence est beaucoup plus élevée que le signal à basse fréquence,

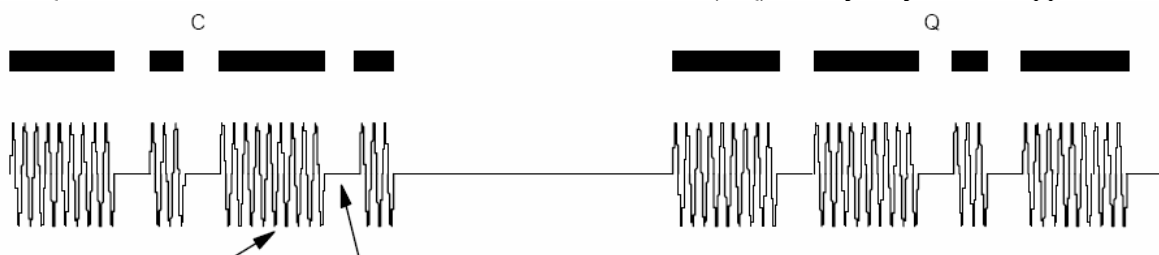
- le signal modulé

Modulation d'amplitude (AM)	Modulation de fréquence (FM)
	
<p>L'amplitude de la porteuse (donc sa puissance) varie dans le temps et varie avec l'amplitude du signal d'entrée. La fréquence de la porteuse reste constante.</p>	<p>Ici, l'amplitude de la porteuse reste constante. La fréquence varie (légèrement) avec le signal d'entrée. La variation de fréquence, appelée excursion, est généralement TRES faible par rapport à la fréquence de la porteuse mais, on a exagéré le dessin pour faire mieux comprendre.</p>

Autres types de modulation

La Télégraphie (CW)

Comme nous l'avons déjà dit, la porteuse est interrompue au rythme des points et des barres du code Morse. Le Morse est la modulation la plus simple qui soit: en cas de détresse, on peut faire du Morse en mettant deux bouts de fils de cuivre ! ensemble Nous avons représenté ci-dessous les lettres C et Q transmises en Morse. Ces deux lettres mises ensemble (CQ) sont synonymes de "appel à tous".



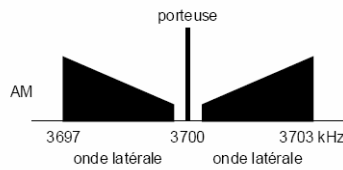
Le Morse n'est plus utilisé par les services militaires et maritimes, mais il est encore fort utilisé par les radioamateurs particulièrement en HF. L'épreuve de Morse n'est plus obligatoire pour l'obtention d'une licence de radioamateur

La Bande Latérale Unique (SSB ou BLU)

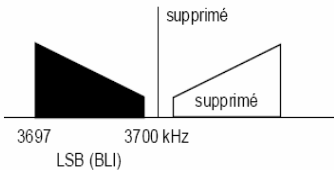
Presque tout le trafic vocal (phonie) en HF se fait en BLU. En réalité, un signal AM est composé :

- d'une **porteuse** qui contient beaucoup d'énergie, mais qui ne sert pas à grand-chose (puisque'elle ne contient pas d'information utile), et,

-de deux **ondes latérales** qui contiennent chacune une copie de l'information. Ces deux ondes latérales sont aussi appelées les "bandes latérales".

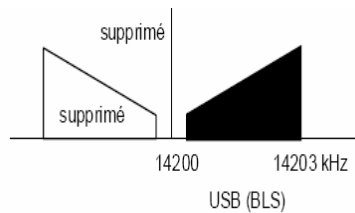


Pour augmenter l'efficacité de l'émission, on peut supprimer (par filtrage) la porteuse et une des bandes latérales. On obtient ainsi de la **SSB** (Single SideBand) ou **BLU** (Bande Latérale Unique)



Les radioamateurs ont pris comme convention de supprimer la bande latérale supérieure pour les fréquences inférieures à 10 MHz et donc de conserver la bande latérale inférieure. En d'autres termes, **en dessous de 10 MHz**, on utilise de la **LSB** (Lower SideBand ou bande latérale inférieure). Ce qui a été supprimé est représenté en pointillé ci-dessus.

Inversement, **au-dessus de 10 MHz**, on utilise l'**USB** (Upper SideBand ou Bande Latérale Supérieure). La BLU utilise moins de bande passante que l'AM et, de ce fait, est plus efficace et utilisée principalement pour les contacts en phonie à longue distance



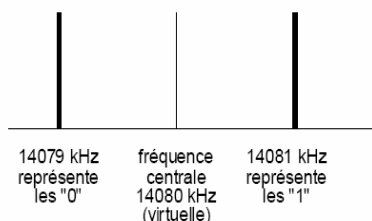
Au niveau du récepteur, on devra réinsérer une porteuse avant de pouvoir démoduler. De ce fait, l'accord du récepteur doit être très précis : un petit décalage de la fréquence d'accord peut rendre la voix totalement inintelligible. Ci-après, on trouvera un tableau de conversion des termes et des abréviations

En français		En anglais
Bande Latérale Unique	BLU	Single Side Band SSB
Bande Latérale Inférieure	BLI	Lower Side band LSB
Bande Latérale Supérieure	BLS	Upper Side band USB

Frequency Shift Keying (FSK)

Ce mode de modulation est utilisé pour la transmission d'informations numériques. La FSK consiste en deux tonalités qui représentent les 1 et les 0 des données numériques.

La FSK peut être utilisée pour la RTTY (radio -télétype) grâce à laquelle on peut transmettre un texte par la voie radio. La FSK peut aussi être utilisée pour des signaux numériques plus complexes, par exemple du Packet Radio. Enfin, on peut transmettre des images couleurs numériques ou des programmes d'ordinateur.



En français	En anglais
Modulation par Déplacement de Fréquence MDF	Frequency Shift Keying FSK
Télétype ou téléimprimeur	Radio Télétype RTTY

A retenir :

- la modulation est produite en agissant soit sur l'amplitude soit sur la fréquence
- pour la parole, on emploie de l'AM, de la BLU ou de la FM
- pour transmettre des données numériques, on emploie un modem
- comprendre les termes porteuse, signal audio et signal modulé
- savoir reconnaître les formes d'un signal AM, d'un signal FM et d'un signal CW

La sur modulation

Un signal d'entrée trop important peut produire des pointes dans un signal AM et des passages en dessous de la ligne zéro. Le signal que l'on va démoduler aura beaucoup de distorsion. Ce signal ne sera pas agréable pour celui qui doit l'écouter et de plus, il peut produire des signaux parasites dans le canal voisin. Ces canaux voisins sont aussi appelés canaux adjacents.

Un signal FM modulé trop fortement va également produire des interférences sur les canaux adjacents. Si vous utilisez un relais, le système peut même être incapable de retransmettre votre signal.

Si vous utilisez une fréquence près des extrémités de la bande (au début ou à la fin), et si vous sur modulez, le signal peut même aller en dehors de la bande radioamateur. Il faut se rappeler que ce fait constitue une infraction.

La cause principale de sur modulation est un réglage incorrect du gain du microphone. Si vous changez de microphone, il faudra refaire le réglage. Si vous utilisez un TNC (Terminal Node Controler ou modem), vous devrez aussi refaire ce réglage. Crier dans le microphone ou rire aux éclats peut aussi produire des effets de sur modulation.

A retenir :

- une modulation excessive en AM ou en SSB va produire de la distorsion et peut produire une largeur excessive du spectre émis.
- une modulation FM excessive va conduire à déborder du canal et va produire des perturbations.
- pour éviter les perturbations, il faut régler convenablement le gain du microphone.

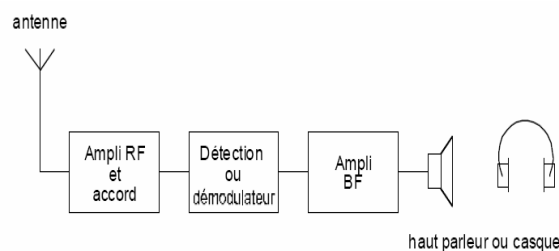
Un récepteur simple

Comme nous l'avons signalé précédemment, il est courant de voir l'émetteur et le récepteur intégrés dans un même boîtier. Toutefois, les radioamateurs peuvent aussi avoir un récepteur séparé, ce sera par exemple un récepteur de meilleure qualité. Un récepteur peut être très bon marché ou très cher en fonction de ses performances et de sa complexité. Un récepteur simple peut être facilement construit à peu de frais et constitue un excellent projet de départ. La fonction d'un récepteur est de sélectionner un signal parmi la grande quantité de signaux disponibles et d'en extraire le signal de la porteuse. Ce signal peut être du Morse, de la voix, des images ou des données numériques.

L'**antenne** est connectée par un câble à un **amplificateur RF** qui a pour but d'augmenter l'amplitude du signal et de l'amener à un niveau raisonnable. Le circuit d'accord sélectionne la bonne fréquence. Ce circuit d'accord comporte essentiellement un condensateur et une bobine dans un circuit appelé "circuit accordé". Dans les récepteurs plus anciens, l'accord se faisait manuellement à l'aide d'un condensateur variable, mais dans les récepteurs modernes on emploie des circuits intégrés complexes pour réaliser cette fonction. La faculté de capter un signal de très faible amplitude s'appelle la **sensibilité** et la faculté d'extraire un signal parmi beaucoup d'autres s'appelle la **sélectivité**.

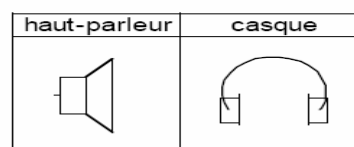
Le signal désiré est ensuite appliqué à un **détecteur**. Le type de détecteur dépend du type de modulation utilisé. Souvent plusieurs détecteurs sont présents et sont sélectionnés par l'utilisateur. La fonction du détecteur est de reconstituer le signal original. Souvent, ce signal est de l'audio mais, il peut aussi s'agir de vidéo ou de données numériques.

Le signal ainsi extrait est amplifié dans un **amplificateur audio** afin d'avoir assez d'amplitude (ou de puissance) pour pouvoir attaquer un haut-parleur ou un casque. Un signal numérique extrait d'un signal radio doit aussi être amplifié avant d'être envoyé vers l'ordinateur ou vers une interface spécialisée (TNC).



Le symbole à droite du schéma est le symbole d'un haut-parleur. Souvenez-vous que le symbole à gauche est celui d'une antenne. Nous avons donc deux nouveaux symboles à retenir :

haut parleur ou casque



A retenir :

- les éléments que l'on trouve dans un récepteur (antenne, ligne d'alimentation, accord et ampli RF, détecteur ou démodulateur, ampli audio, haut-parleur ou casque) et leur interconnexion.
- que l'accord se fait dans le premier étage du récepteur.
- que la détection ou la démodulation se fait dans le deuxième étage et que c'est là que le signal d'origine est reconstitué
- que le troisième étage est l'amplificateur audio.
- le symbole d'un haut parleur et d'un casque.

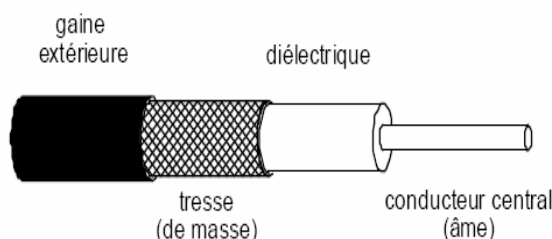
Chapitre 4 : Antennes et Lignes de transmission

Pour transmettre ou recevoir un signal, nous devons connecter notre émetteur ou notre récepteur à une antenne. L'antenne est connectée à l'émetteur ou au récepteur par un câble appelé ligne de transmission ou feeder.

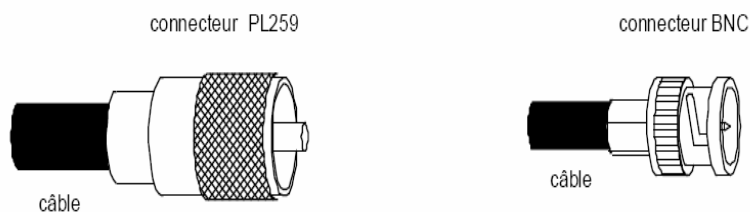
Les lignes de transmission ou feeders

Dans la plupart des cas, l'émetteur-récepteur (ou le transceiver) est à l'intérieur d'un bâtiment ou d'une habitation alors que l'antenne est à l'extérieur. La ligne de transmission est le câble qui raccorde l'antenne à l'émetteur ou au récepteur. Lorsqu'on est en émission, le câble doit pouvoir supporter une certaine puissance sans rayonner pour autant. Lorsqu'on est en réception, le câble doit acheminer le très petit signal capté par l'antenne et l'envoyer au récepteur sans capter d'autres signaux (des parasites par exemple).

Pour ces raisons, la ligne de transmission la plus utilisée est le **câble coaxial** qui se compose d'un conducteur central plein (monobrin) ou multibrin encore appelé "**âme**", entouré d'un isolant appelé diélectrique, lui-même recouvert d'une **tresse** métallique. Le rôle de cette tresse est de maintenir le signal à l'intérieur du câble et à éviter qu'il ne rayonne. La tresse de masse doit donc bien couvrir le câble. Cette tresse est protégée par une gaine extérieure, souvent en PVC.



Afin de continuer cette structure coaxiale jusqu'à l'émetteur ou jusqu'au récepteur, nous utiliserons un connecteur qui présente également une structure coaxiale. Un connecteur possède un contact intérieur, un isolant et le corps du connecteur qui va servir à prolonger la tresse. Le contact central doit être connecté au conducteur central du câble coaxial et le corps du connecteur à la tresse. Ces connexions sont assurées soit par une soudure soit par un sertissage. Les deux connecteurs les plus utilisés sont le connecteur **PL259** et le connecteur **BNC**.



Remarque : le connecteur châssis qui correspond au **PL259** est connu sous l'appellation **SO239**.

A retenir :

- une ligne d'alimentation sert à raccorder une antenne à un émetteur (ou à un récepteur).
- seuls les câbles prévus à cet effet peuvent être utilisés.
- le câble coaxial, grâce à ses qualités de blindage, est le plus utilisé.
- la connexion entre le câble et l'émetteur et entre le câble et l'antenne doit se faire au moyen des connecteurs appropriés.
- les connecteurs les plus courants sont le PL259 et le BNC. Savoir les reconnaître.
- la tresse de masse doit être bien connectée pour éviter des rayonnements vers l'extérieur ou vers l'intérieur.

Les antennes

L'antenne a pour rôle de transformer le signal électrique en ondes électromagnétiques (communément "ondes radio"). Lorsque nous sommes en émission, les signaux électriques sont générés dans l'émetteur, passent par la ligne de transmission et arrivent à l'antenne où ils sont transformés en ondes électromagnétiques. Inversement, en réception, les ondes électromagnétiques sont transformées en signaux électriques dans l'antenne et sont acheminés au récepteur par la ligne de transmission.

Il existe plusieurs types d'antennes. Chaque type d'antenne a ses caractéristiques spécifiques, et pour les besoins de la licence de base, nous n'examinerons que quatre types : le dipôle, l'antenne verticale, l'antenne long fil et l'antenne Yagi. Chacune de ces antennes a des caractéristiques particulières, et il faut parfois choisir l'antenne en fonction d'autres éléments qui n'ont rien à voir avec la technique, tels que l'espace disponible ou l'impact visuel. Lorsque vous aurez plus d'expérience, vous pourrez choisir d'autres antennes plus performantes.

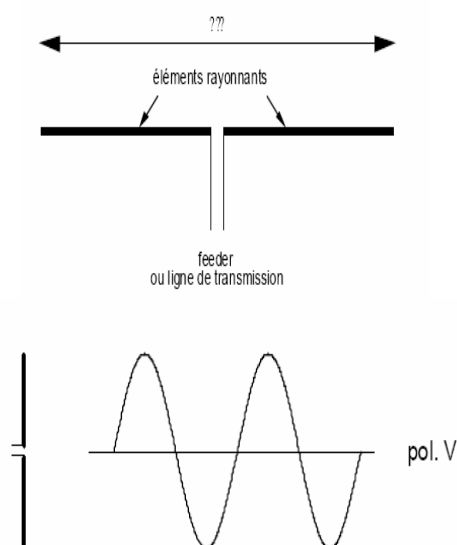
Les antennes sont généralement construites pour UNE fréquence en particulier. Les dimensions physiques de l'antenne sont liées à la longueur d'onde (λ). Ainsi, un dipôle pour la bande des 80 m (3,5 MHz) sera beaucoup plus grand qu'un dipôle pour la bande des 6 m (50 MHz).

A retenir :

- une antenne transforme un signal électrique en ondes radio et vice-versa.
- comprendre pourquoi les dimensions des antennes sont aussi variées.
- comprendre pourquoi ces antennes fonctionnent sur le même principe.

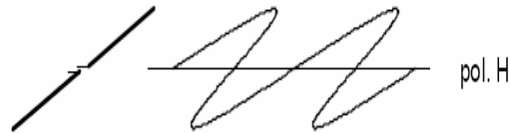
Le dipôle demi onde

Un dipôle demi onde consiste en un conducteur ("un fil") d'une longueur égale à $\lambda/2$ (lisez "lambda demi") et coupé en son milieu. C'est en son milieu que le dipôle est alimenté. Un dipôle ne présentera un faible ROS 4 sur la ligne de transmission et ne rayonnera de façon efficace que s'il mesure exactement $\lambda/2$ pour la fréquence considérée et si les deux morceaux sont exactement de la même longueur.



En VHF (50 MHz et au-delà) le dipôle est souvent monté verticalement. Dans cette configuration, le dipôle rayonne (et reçoit) de façon uniforme quelle que soit la direction. On dit qu'un

dipôle vertical rayonne de façon **omnidirectionnelle**. Un tel dipôle est une bonne antenne pour le trafic local. Pour des fréquences plus basses, le dipôle est souvent monté horizontalement pour une raison de faciliter.



Un dipôle horizontal rayonne perpendiculairement à son axe. Il rayonne très peu dans la direction du fil. On dit que le dipôle horizontal rayonne de façon **bidirectionnelle**. Il est évident qu'il faudra tenir compte de cette caractéristique au moment où on va installer le dipôle.

Notes :

La résonance est un phénomène que nous rencontrons souvent :

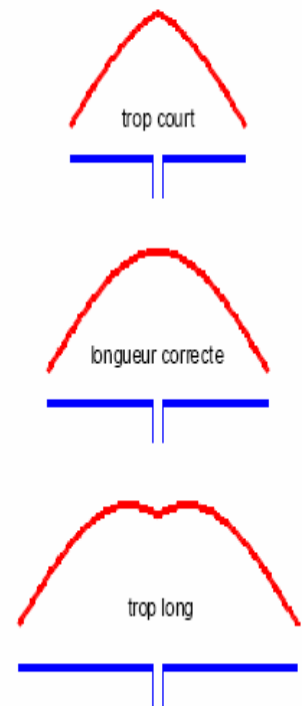
- ? la corde d'une guitare fournit une certaine fréquence lorsqu'elle est pincée,
- ? lorsqu'on frappe un verre en cristal, il apparaît aussi une fréquence bien déterminée.

Ces sons dits "de résonance" dépendent de la longueur de la corde ou de la grandeur du verre.

Les antennes ont aussi des fréquences de résonance qui dépendent de leurs dimensions : plus les dimensions de l'antenne sont grandes, plus basse est la fréquence de résonance.

L'évolution du courant dans un dipôle a une allure sinusoïdale et, le courant aux deux extrémités est nul (il est évident qu'au bout du fil, il ne peut plus y avoir de courant). Cette situation ne peut se présenter que si la longueur est exactement une demi-onde et uniquement à ce moment-là, l'antenne fonctionnera de façon efficace.

Sur la bande des 20 m par exemple, la fréquence centrale est 14,175 MHz. Si on calcule la longueur d'onde (?) on trouve 21,164 m : le dipôle (?/2) devra donc mesurer 10,582 m, c.-à-d. que chaque brin devra mesurer 5,291 m. Nous verrons au chapitre 8 comment ajuster cette valeur dans la pratique.



Le quart d'onde vertical

L'antenne, de la figure ci-après, est une antenne quart d'onde verticale. Elle est constituée d'un élément vertical qui mesure $\lambda / 4$ (lisez "lambda sur quart"). Pour alimenter cette antenne de façon efficace, il est souhaitable que sa longueur soit exactement $\lambda / 4$ pour la fréquence considérée.

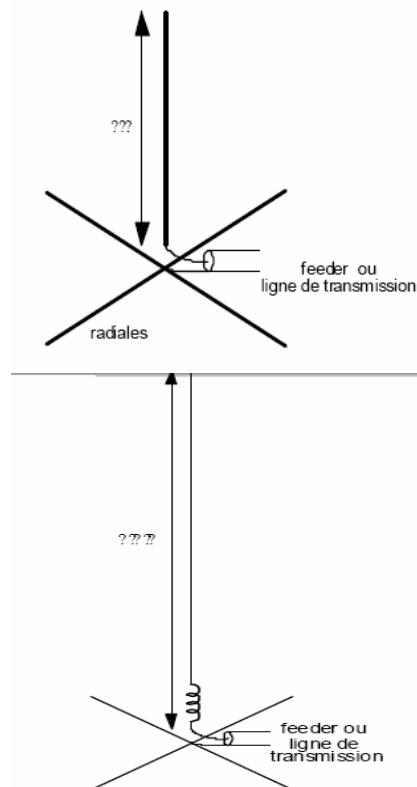
Le rayonnement de l'antenne est égal dans toutes les directions et perpendiculairement à l'élément. C'est une antenne omnidirectionnelle. Les ondes sont dirigées légèrement au-dessus du plan horizontal. Il n'y a pas de rayonnement dans le sens du fil (dans la direction du ciel).

Cette antenne possède aussi des éléments horizontaux appelés **radiales** qui constituent un plan de masse pour l'antenne. Le plan de masse ainsi formé agit comme un miroir pour les ondes.

Le nombre de radiales peut être de 3, 4 ou plus. Les radiales peuvent aussi être légèrement repliées vers le sol : ceci permet d'obtenir un meilleur ROS.

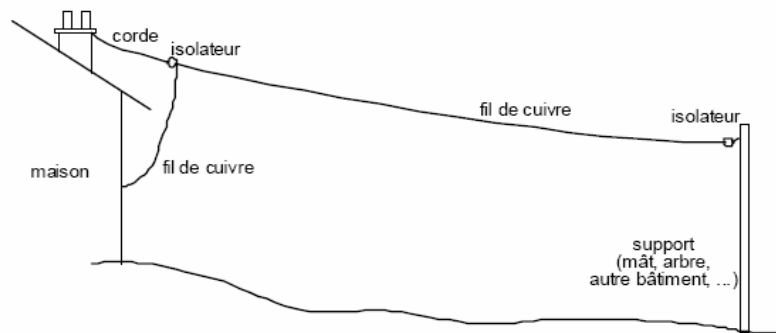
L'antenne **5/8** ? (Lisez "cinq huitième de lambda") est un développement de la quart d'onde. Dans ce cas, la longueur physique (mécanique) de l'antenne sera de $5/8 \lambda$. Cette antenne est très utilisée en VHF et en UHF. Sur les bandes décimétriques, on peut construire des $5/8 \lambda$ pour des longueurs d'onde allant jusqu'à 20 m; pour les fréquences inférieures (40, 80 et 160 m) cela devient beaucoup plus difficile du point de vue de la construction mécanique

Cette antenne est également omnidirectionnelle, mais le fait d'avoir une antenne plus longue fait que le rayonnement se fait plus à l'horizontale : il y a beaucoup moins d'énergie envoyée vers le ciel. La bobine au pied de l'antenne est nécessaire pour obtenir un fonctionnement correct du système d'antenne et de ligne de transmission



L'antenne long fil

Cette antenne est très souvent utilisée pour les fréquences basses (décimétriques) ou lorsque l'espace est limité. Un fil d'une certaine longueur est suspendu entre deux supports. Ces supports sont, par exemple, une maison et un arbre ou un mât dans le fond du jardin. Un côté de ce fil est connecté à l'émetteur (ou au récepteur). Le signal est donc appliqué à cette extrémité.



Une telle antenne est souvent utilisée pour couvrir plusieurs bandes de fréquences et n'est pas une demi onde, ni un quart d'onde. Elle ne peut être connectée directement à l'émetteur. Il faut y inclure un équipement appelé boîte de couplage (ou coupleur d'antenne).

Comme le fil est connecté à l'émetteur, il rayonne aussi à l'intérieur de la maison et des interférences avec des appareils électroniques sont possibles.

L'antenne Yagi

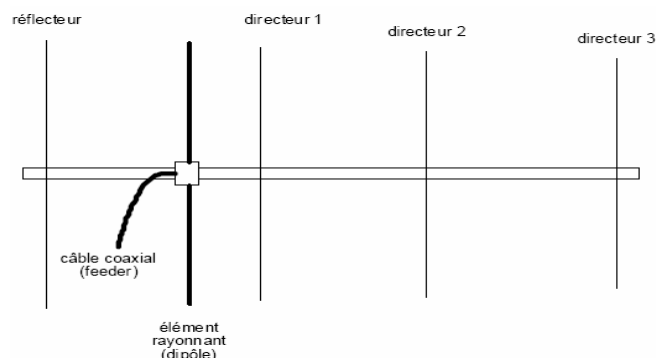
L'antenne Yagi est une antenne directionnelle. On l'appelle aussi parfois "beam", ce qui signifie qu'elle concentre la puissance rayonnée dans une direction spécifique. Cela signifie aussi qu'elle ne va recevoir que des signaux provenant d'une seule direction. L'exemple le plus courant d'antenne Yagi est l'antenne de TV.

Sur la figure, la grosse ligne noire est un dipôle demi onde. Il est monté sur un tube horizontal appelé "boom". C'est le radiateur. Le câble coaxial est connecté à ce dipôle.

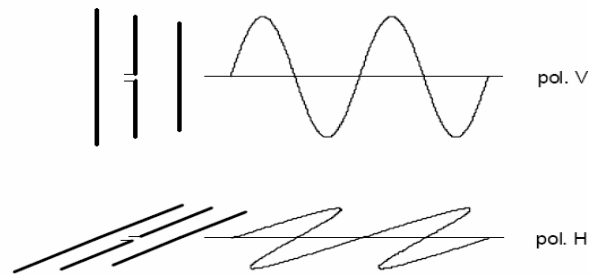
Le boom supporte aussi les autres éléments. Ces éléments consistent en un réflecteur qui est plus long que le dipôle et un ou plusieurs directeurs qui sont plus courts que le dipôle. Le maximum de signal est émis dans la direction des directeurs.

L'énergie est concentrée par les directeurs. Plus le nombre de directeurs est grand, plus l'effet de concentration est grand et plus l'énergie est concentrée sous un faible angle. Cette action est similaire à celle du réflecteur dans une lampe de poche qui concentre l'énergie lumineuse dans un pinceau de lumière et produit plus de lumière qu'une ampoule seule.

L'effet de concentration de l'antenne va permettre d'envoyer le signal RF bien plus loin qu'on ne pourrait le faire avec une antenne omnidirectionnelle telle qu'une antenne verticale. Evidemment, on ne peut faire cela que dans une seule direction. C'est la raison pour laquelle les radioamateurs utilisent des antennes Yagi avec un moteur de façon à pouvoir la faire tourner.



Une antenne Yagi est montée horizontalement ou verticalement. Ceci détermine la **polarisation** des ondes. En VHF-UHF, les antennes doivent être dirigées l'une vers l'autre et elles doivent avoir la même polarisation. En HF, la propagation ionosphérique modifie la polarisation de façon aléatoire et par conséquent, on ne sait plus tenir compte d'une polarisation d'antenne.



L'antenne Yagi et quelques autres antennes, ont donc cette faculté de concentrer l'énergie rayonnée dans une direction précise. Par rapport à une antenne omnidirectionnelle, un niveau plus important sera obtenu dans cette direction. Tout se passe donc comme si la station d'émission avait plus de puissance. Cette augmentation apparente de la puissance est appelée **gain de l'antenne** et cette valeur est donnée par le constructeur. Le gain est généralement donné en dB (prononcez "débé") ou "décibels".

La **puissance apparente rayonnée (PAR)** d'une station est le produit de la puissance réelle (mesurée à l'antenne) par le gain de l'antenne :

PAR = puissance de l'émetteur x gain d'antenne

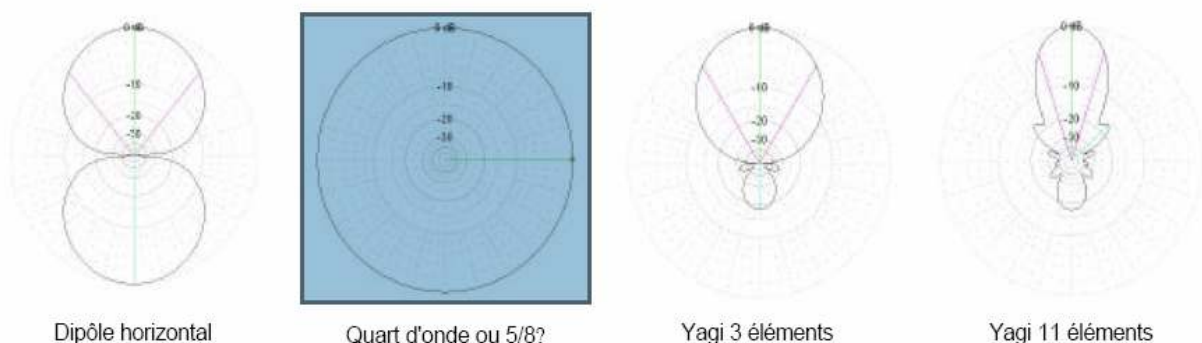
La PAR peut être considérée comme la puissance qu'il faudrait mettre sur une antenne omnidirectionnelle pour obtenir le même résultat du côté récepteur.

Exemple : On a un émetteur de 10 W et une antenne dont le gain est de 5 (5 fois) . Quelle est la PAR ?

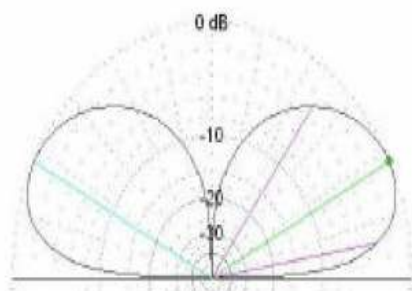
Réponse : 10 W x 5 = 50 W PAR.

Notes:

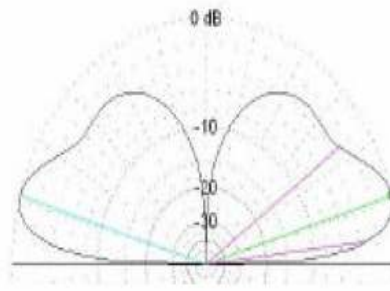
La manière dont une antenne rayonne se traduit dans son **diagramme de rayonnement**. Une antenne peut présenter une directivité soit dans son plan horizontal (encore appelé **azimut**) ou dans le plan vertical (appelé **élévation**). Quelques exemples de diagrammes de rayonnement dans le **plan horizontal** :



Le diagramme de rayonnement dans le **plan vertical** est également très important, car la concentration dans ce plan contribue au gain de l'antenne. C'est ainsi qu'une antenne 5/8 λ présente un gain par rapport à une antenne 1/4 λ et ce, malgré le fait que ces 2 antennes sont toutes les deux omnidirectionnelles.



Quart d'onde



5/8 λ

A retenir :

- reconnaître une antenne dipôle, une antenne quart d'onde, une 5/8 λ , une Yagi, une antenne long fil.
- comprendre pourquoi un dipôle doit mesurer une demi onde.
- comprendre qu'une quart d'onde et une 5/8 λ
- sont des antennes omnidirectionnelles.
- comprendre et expliquer qu'une Yagi est une antenne directive et que son gain provient de la concentration de signal dans une direction.
- la polarisation de l'onde émise correspond à l'orientation de l'antenne (une antenne verticale émet des ondes polarisées verticalement).
- la PAR = la puissance émise x le gain de l'antenne.

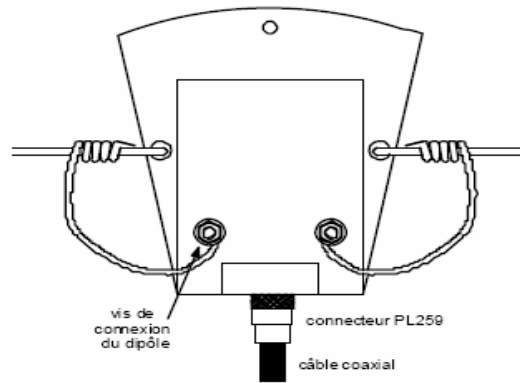
Antennes symétriques et asymétriques

Si nous regardons le dessin du dipôle, nous constatons qu'il y a deux connexions, une pour chaque partie (chaque brin) de l'antenne. Le courant RF va circuler dans chacun des "bras" de l'antenne; on dit que l'antenne est **symétrique**. Un dipôle serait donc mieux alimenté par une ligne de transmission symétrique (une "échelle à grenouille" par exemple) : le courant passe dans les 2 conducteurs de la ligne. Comme les deux courants sont égaux et de sens opposé, les champs produits se compensent et la ligne ne rayonne pas. Si, par contre, on utilise une ligne asymétrique (un câble coaxial), la symétrie de l'antenne est bouleversée et la ligne de transmission peut rayonner.

L'antenne verticale que nous avons rencontrée précédemment est raccordée au conducteur central du câble coaxial et le blindage (la tresse) est connecté à la terre ou au plan de masse. On dit que cette antenne est asymétrique. Une antenne **asymétrique** est donc mieux alimentée par une ligne d'alimentation asymétrique tel qu'un câble coaxial.

Il est souhaitable d'utiliser un **balun** (balanced-to-unbalanced), appelé aussi "symétriseur", pour connecter une antenne symétrique à une ligne de transmission asymétrique (comme le câble coaxial) et vice-versa.

Le dessin ci-dessous représente un balun. Il s'agit d'un boîtier hermétique et isolant. Le balun se trouve au milieu du dipôle. On y trouve des trous pour fixer les 2 fils du dipôle et pour éventuellement le suspendre. On y trouve aussi 2 vis pour connecter le dipôle et une sortie pour un connecteur PL259 et son câble coaxial.



L'adaptation de l'antenne et le ROS ou SWR

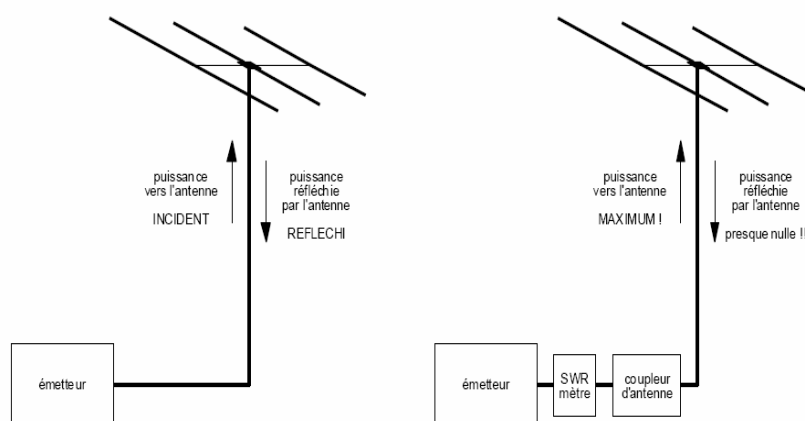
Une ligne d'alimentation est caractérisée par son impédance caractéristique. On trouve ainsi des câbles coaxiaux à 50

- et des câbles coaxiaux à 75
- La plupart des émetteurs et des antennes sont prévus pour 50
- on prendra donc des câbles coaxiaux à 50

Le problème est un peu plus délicat en ce qui concerne l'antenne et la ligne de transmission. Si l'impédance caractéristique de l'antenne est différente de l'impédance caractéristique de la ligne d'alimentation, une partie de la puissance arrivant à l'antenne sera réfléchi vers la source, c.-à-d. vers l'émetteur. Ceci pourrait endommager l'émetteur.

Le signal qui va de l'émetteur à l'antenne (signal incident) et celui qui va de l'antenne vers l'émetteur (signal réfléchi) vont produire des ondes stationnaires avec des maxima et des minima tout au long de la ligne de transmission.

On définit ainsi le **rapport d'ondes stationnaires** ou **ROS** comme le rapport entre l'amplitude maximale de l'onde stationnaire et l'amplitude minimale de cette onde stationnaire. Plus le ROS est faible (plus il se rapproche de 1), meilleure est l'adaptation.



On donne souvent le ROS sous la forme 1,2:1 (lisez "un virgule deux sur un") : le "1" représente la valeur minimale de l'onde stationnaire et le "1,2" sa valeur maximale. Un rapport d'ondes stationnaires (ROS) :

Inférieur à **1,2** est considéré comme **très bon**

Inférieur à **1,5** est considéré comme **bon**

Égal ou supérieur à **2** est considéré comme **mauvais** et requiert un coupleur d'antenne
 Égal ou supérieur à **3** est considéré comme **TRES mauvais** et requiert un arrêt immédiat

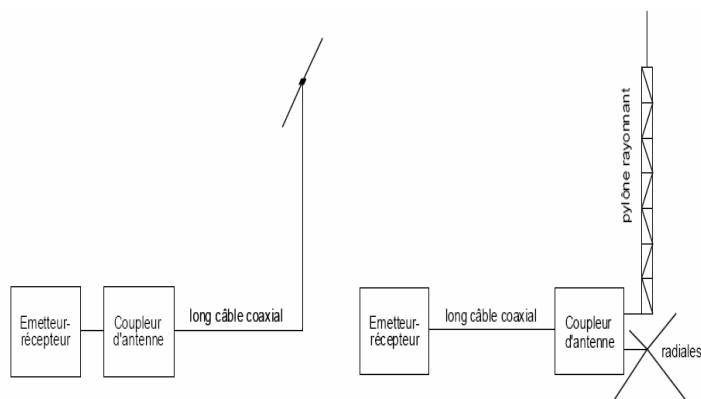
Un petit tableau de conversion et d'abréviations :

en anglais		en français	
Standing Wave Ratio	SWR	rapport d'ondes stationnaires	ROS

Pour des raisons de facilité, les radioamateurs ont l'habitude de mesurer le ROS à la sortie de l'émetteur alors qu'il serait plus correct de le mesurer au niveau de l'antenne.

Si le ROS n'est pas correct, on peut inclure un dispositif pour adapter l'impédance de l'antenne à l'impédance de la ligne de transmission. Ce dispositif s'appelle un **coupleur d'antenne** ou **boîte de couplage**.

Pour les mêmes raisons, les radioamateurs ont l'habitude de mettre le coupleur d'antenne à la sortie de l'émetteur (figure de gauche), alors qu'il serait plus correct de corriger le ROS au niveau de l'antenne (figure de droite). C'est d'ailleurs ce que l'on fait pour des pylônes rayonnants.

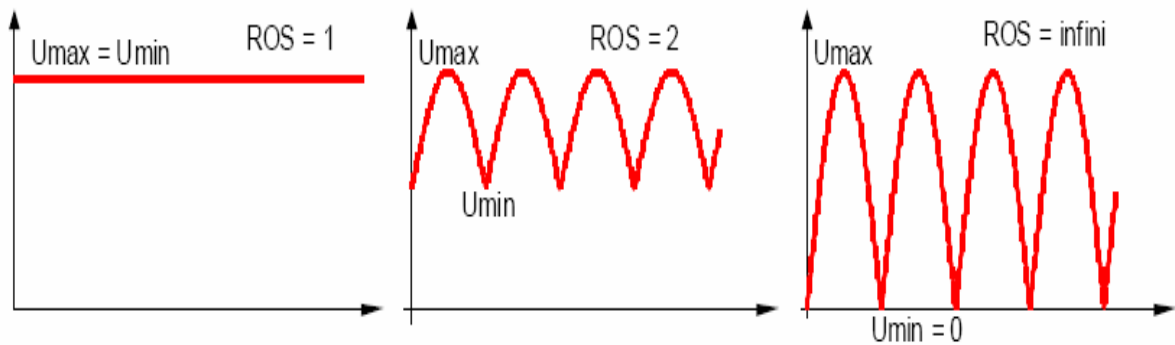


Des coupleurs d'antennes automatiques sont intégrés dans les transceivers modernes. Ils sont souvent limités à compenser une désadaptation dans une faible plage.

Notes:

Le **Rapport d'Ondes Stationnaires (ROS)** ou **Standing Wave Ratio (SWR)** est le rapport entre l'amplitude maximale de l'onde stationnaire et son amplitude minimale.

La tension fournie par l'émetteur (donc aussi la puissance) se propage dans la ligne de transmission vers l'antenne. Si l'antenne n'est pas adaptée, une partie de cette tension (donc aussi de la puissance) sera réfléchié et ira en sens inverse (de l'antenne vers l'émetteur). Ces deux tensions combinées produisent des ondes stationnaires qui présentent des maxima et des minima.



Un ROS de 1 signifie qu'il n'y a pas de puissance réfléchié et un ROS infini indique que toute la puissance est réfléchié. Deux petites formules intéressantes :

$$\text{ROS} = U_{\text{max}}/U_{\text{min}} \text{ et } P_r(\%) = (\text{ROS}-1)^2 / (\text{ROS}+1)^2$$

L'antenne factice ou "Dummy Load"

Si on veut tester son émetteur sans rayonner de la puissance dans l'espace, on utilise une antenne factice encore appelée "dummy load".

Une antenne factice se comporte comme une antenne idéale. Elle est blindée pour éviter tout rayonnement. Une antenne factice est une résistance qui peut absorber la puissance (maximale) de l'émetteur. Elle présente un ROS de 1:1 sur une très grande plage de fréquences. Trois caractéristiques importantes :

- la valeur de la charge, en pratique c'est TOUJOURS 50 Ω
- la puissance maximale que la charge peut dissiper : si votre émetteur peut fournir 10 W, l'antenne factive devra pouvoir dissiper 10 W (mais 25 W seraient mieux).
- la plage de fréquences pour laquelle la charge est conçue.

Chapitre 5 : La propagation

Le rayonnement

Les ondes radio se propagent en ligne droite à partir de l'antenne. Tout comme la lumière, les ondes radio peuvent être bloquées, réfléchies ou réfractées par les objets qu'elles rencontrent. Quand la distance de l'antenne augmente, l'intensité des ondes radio diminue. Cette diminution va aboutir à des niveaux qui sont inférieurs au niveau du bruit de fond et la réception ne sera plus possible. La manière dont les ondes radio se comportent lorsqu'elles ont quitté l'antenne s'appelle la **propagation**.

A retenir :

- la différence entre antennes symétriques et asymétriques.
- le balun permet de passer de symétrique en asymétrique.
- une antenne doit être utilisée pour la fréquence pour laquelle elle a été construite.
- l'émetteur doit être raccordé à un système d'antenne correctement adapté. Un système d'antenne mal adapté peut endommager l'émetteur.
- si une antenne n'est pas adaptée à l'impédance de la ligne de transmission, elle n'est pas efficace.
- on peut compenser un système d'antenne mal adapté à l'aide d'un coupleur d'antenne.
- un ROS mètre ou un SWR mètre indique si l'antenne est bien adaptée à l'impédance de la ligne de transmission.
- un ROS élevé est le signe d'un défaut à l'antenne ou au câble et non à l'émetteur.
- une antenne factice est une résistance blindée utilisée pour tester l'émetteur sans rayonner.

L'environnement

Lorsque les ondes radio se propagent, elles vont rencontrer des bâtiments, des collines, des forêts et d'autres objets. Tous ces objets auront une influence sur les ondes radio. Ces effets dépendent essentiellement de 3 facteurs : la longueur d'onde, la densité et la conductivité des objets rencontrés.

Les ondes radio à fréquence basse sont moins influencées par les obstacles physiques que celles à fréquence plus élevée. Un petit immeuble est insignifiant pour une longueur d'onde de 80 m, mais pas une haute montagne. De façon similaire, la plus petite maison peut être un obstacle pour des longueurs d'ondes de 2 m ou de 70 cm.

Des structures très conductrices telles que des hangars métalliques ou des cheminées métalliques, des châteaux d'eau métalliques sont toujours mises à la terre pour éviter les problèmes de foudre. Inévitablement, ceci va bloquer les signaux radio. Seuls les signaux radio dont la longueur d'onde est nettement supérieure à leurs dimensions sont capables de les traverser. Notez que les constructions en béton comportent aussi beaucoup de fer, ces barres de fer ont le même effet qu'une structure en tôles, elles vont atténuer le signal.

La portée

La portée dépend de plusieurs facteurs.

La **puissance de l'émetteur** est un facteur important, mais ce n'est pas le plus important. Les ondes radio obéissent à ce qu'on appelle une "fonction inversement proportionnelle au carré de la distance". Ce qui veut dire que chaque fois que la distance est doublée, le signal reçu est divisé par quatre. Pour augmenter la portée, il faudra donc augmenter, de façon appréciable, la puissance.

L'**environnement** est aussi un facteur important. Comme nous l'avons déjà dit précédemment, les immeubles et le terrain peuvent atténuer le signal de façon significative, ce qui va réduire sa portée.

Ceci est particulièrement remarquable pour les VHF-UHF où la portée est presque limitée à la vue optique.

Si nous choisissons une **antenne à gain**, notre PAR va augmenter considérablement, ce qui va relever considérablement la portée. Mais, le gain d'antenne va aussi jouer son rôle à la réception et, en choisissant une antenne de réception avec un certain gain, on va pouvoir entendre des stations plus lointaines.

La localisation de l'antenne est un autre paramètre qui va affecter la portée. Plus l'antenne est haute, moins il y a de chance d'avoir des obstacles entre l'émetteur et le récepteur. De plus, la ligne d'horizon est plus éloignée. Ceci est particulièrement vrai pour les bandes VHF-UHF. Les pertes dans le trajet dépendent aussi de la fréquence. Les ondes radio de fréquences basses sont moins atténuées.

La propagation en VHF-UHF

Les ondes radio sont plus atténuées par des obstacles denses que par des obstacles de moindre densité. Les ondes radio en VHF et UHF sont fortement atténuées par les murs, mais une fenêtre qui est grande en comparaison avec la longueur d'onde introduira moins d'atténuation. Vous aurez probablement déjà constaté qu'un récepteur radio FM fonctionne mieux devant une fenêtre que derrière un mur.

Toutes les ondes radio vont être atténuées lorsqu'elles passent à travers un mur. Dans certains cas cette atténuation peut être importante au point de ne plus permettre une réception correcte. La réception est toujours meilleure lorsqu'il y a visibilité directe. C'est la raison pour laquelle, les antennes de réception TV sont toujours montées sur le toit. C'est aussi la raison pour laquelle les émetteurs de TV sont montés sur de très grands mâts.

Sur la figure ci-contre les ondes radio de l'émetteur A ne peuvent pas être reçues par un récepteur B. En augmentant la hauteur de l'antenne d'émission ou de réception, le signal pourrait être reçu. Dans le premier cas, on dit qu'il n'y a pas vision directe, tandis que dans le deuxième cas, il y a vision directe.

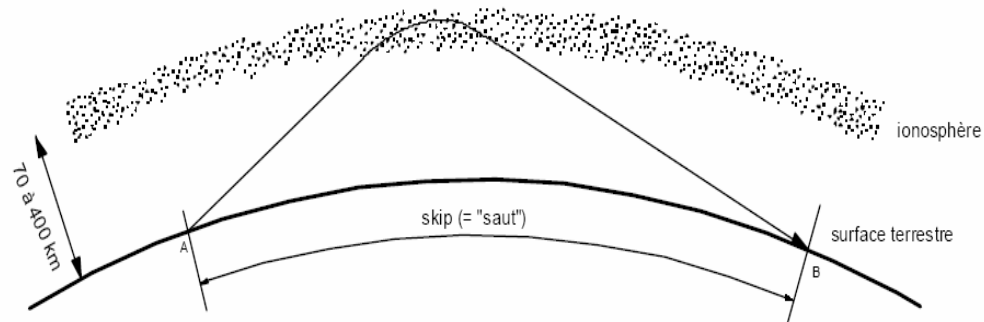


A retenir :

- les ondes radio se propagent en ligne droite SAUF en cas de réflexion et réfraction.
- les ondes radio s'atténuent lorsqu'elles se propagent.
- en VHF-UHF les collines et les bâtiments forment des zones d'ombres.
- en VHF-UHF les ondes pénètrent (ou sortent) mal dans les bâtiments.
- en VHF-UHF, la portée dépend.
 - de la hauteur des antennes
 - de la visibilité directe
 - de la puissance d'émission
 - de la fréquence utilisée (plus la fréquence est élevée, plus faible est la portée)
- en VHF-UHF la portée n'est pas beaucoup plus grande que la ligne d'horizon.
- une antenne extérieure fonctionne mieux qu'une antenne intérieure.

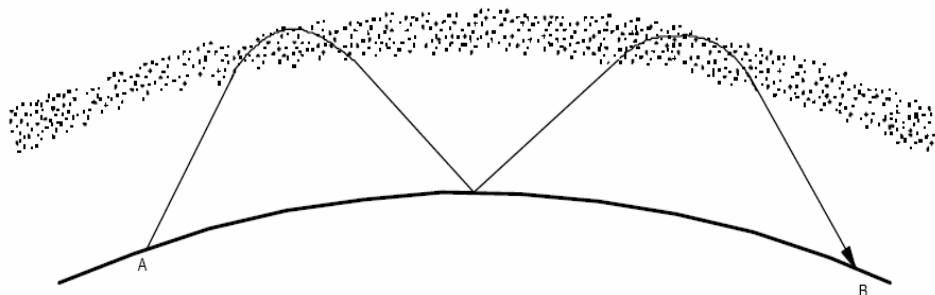
La propagation en HF – Rôle de l'ionosphère

L'ionosphère est le nom donné à des couches de gaz de l'atmosphère terrestre qui se trouvent entre 70 et 400 km au-dessus de la surface terrestre. Ces couches sont chargées de particules électriques (elles sont ionisées) par le rayonnement solaire. Cette ionisation leur permet de réfléchir des ondes radio vers la surface terrestre. Comme le degré d'ionisation dépend du rayonnement solaire, les conditions vont changer en fonction de la journée et aussi en fonction des différentes saisons.



Toutes les ondes radio ne sont pas affectées par l'ionosphère. Seules certaines fréquences en dessous d'une certaine valeur seront affectées. Les fréquences supérieures passeront au travers de l'ionosphère et iront dans l'espace. La fréquence maximale sur laquelle une propagation par réflexion ionosphérique peut avoir lieu, s'appelle la Fréquence Maximale Utilisable ou **MUF** (Maximum Usable Frequency). La MUF varie en fonction de l'ionisation et peut être prédite.

Si l'onde radio est réfléchi par l'atmosphère, elle va pouvoir aller beaucoup plus loin que la portée optique. Dans certains cas les réflexions peuvent être multiples. Des sauts de 400 km sont possibles. Ce phénomène est connu sous le nom de **skip**. Les communications radio dans le monde entier sont possibles grâce à ce phénomène.



La propagation ionosphérique ne se produit que dans les bandes HF. Il est très rare que la MUF affecte la propagation sur les bandes VHF. Il y a toutefois d'autres modes de propagation.

A retenir :

- l'ionosphère contient des gaz ionisés à des hauteurs variant de 70 à 400 km.
- pratiquement toutes les communications en HF sont basées sur des réflexions sur l'ionosphère.
- en HF, la propagation à l'échelle mondiale dépend de la manière dont l'ionosphère réfléchit les ondes radio.
- la propagation en HF dépend de la fréquence, du moment du cycle solaire, de la saison et de l'heure

Notes:

Contrairement aux ondes VHF-UHF, les ondes HF sont réfléchies par l'ionosphère. Le rayonnement solaire ionise différentes couches et, en fonction du degré d'ionisation, les ondes sont soit réfléchies soit réfractées, soit encore, elles traversent ces couches.

En dehors du moment de la journée et de la saison, le moment du cycle solaire (dont la durée est de 11 ans) joue un grand rôle. Ces phénomènes sont très complexes et très fluctuants. D'une façon simplifiée, on pourrait résumer les conditions de propagation de la manière suivante :

- Sur **160 m**, seules des liaisons locales sont possibles pendant le jour (quelques dizaines de km). Pendant la journée, en effet, la couche D absorbe ces fréquences. Pendant la nuit, cette couche disparaît et donc l'absorption disparaît aussi. Pendant la nuit, des liaisons à grande distance sont possibles. Toutefois, étant donné la grande longueur d'onde, les antennes sont également très grandes, il faut pouvoir disposer de beaucoup de place.

- La bande des **80 m** permet des liaisons locales de l'ordre de 500 km pendant la journée. C'est ici aussi la couche D qui absorbe les ondes et empêche les liaisons à grande distance. Pendant la nuit, on peut faire des liaisons beaucoup plus grandes. Ici aussi, vu la longueur d'onde, les dimensions des antennes restent imposantes.

- Sur les bandes **40 m** et **30 m**, la couche D est encore influente mais, des liaisons sont possibles sur environ 1.000 km. Depuis le coucher jusqu'au lever du soleil, cette bande est idéale pour les contacts intercontinentaux. Ces deux bandes sont aussi moins influencées par le cycle solaire (11 ans) et ce sont des bandes idéales pour des contacts longue distance pendant la nuit.

- La bande des **20 m** est considérée, par beaucoup, comme la meilleure bande pour les grandes distances. Cette bande est pratiquement utilisable de jour comme de nuit. Elle est toutefois fermée pendant les nuits du minimum solaire.

- Les bandes **17 m** et **15 m** sont fortement influencées par le cycle solaire. Pendant les maxima du cycle solaire, ces bandes sont utilisables de jour comme de nuit. Pendant les minima du cycle solaire, seules des liaisons nord-sud sont possibles.

- Les bandes **12 m** et **10 m** sont encore plus dépendantes du cycle solaire. Pendant les maxima du cycle solaire, on peut réaliser de superbes liaisons. Mais, en contrepartie, cette bande n'est pas utilisable pendant les minima du cycle solaire.

Chapitre 6 : Compatibilité Electromagnétique (CEM)

Les causes d'interférences

L'émetteur d'une station de radioamateur engendre un champ électromagnétique dans l'environnement immédiat et ce champ électromagnétique est bien supérieur à celui qui s'y trouvait sans la station du radioamateur. Tout conducteur, tout morceau de fil exposé à ce champ peut capter des signaux car il agit comme une antenne. Les signaux ainsi captés peuvent avoir des effets imprévisibles et non souhaités. Dans le but de maîtriser efficacement les problèmes de CEM, nous devons connaître les 3 raisons qui causent des interférences.

L'induction directe

Lorsque le champ électromagnétique est très puissant, il va créer à l'intérieur même des appareils électroniques (récepteurs radio et TV, magnétoscopes,...) des signaux tellement importants qu'ils vont surcharger les étages d'entrée et "écraser" les signaux que ces appareils devraient normalement traiter.

L'induction sur les câbles d'interconnexions

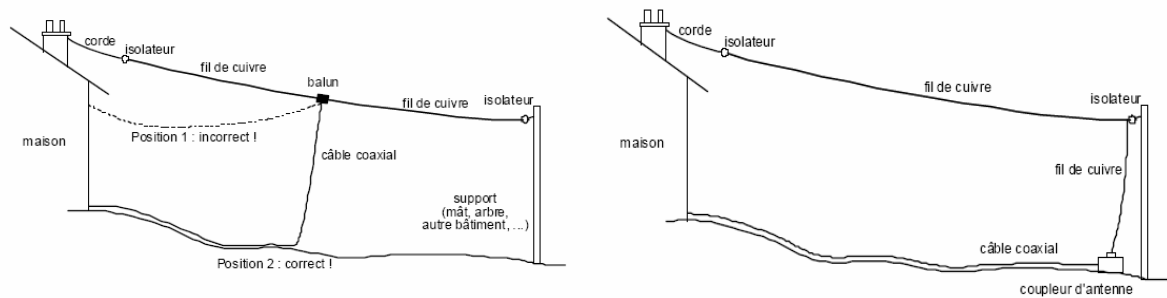
Les signaux radio que nous (radioamateurs) produisons peuvent aussi induire des tensions dans les câbles d'antennes, dans les câbles de raccordement des haut-parleurs, dans le câble entre un téléviseur et un magnétoscope ou dans celui de raccordement d'un téléphone.

L'induction sur le secteur et la mise à la terre.

Les signaux radio que nous (radioamateurs) produisons peuvent aussi induire des tensions dans les câbles secteur et dans les mises à la terre. Ceci est particulièrement vrai dans des installations d'immeubles collectifs où la mise à la terre parcourt un long chemin et où plusieurs mises à la terre sont réunies avant d'arriver à "la vraie terre".

Les antennes et les problèmes de CEM

Comme nous avons dit précédemment, sur les bandes VHF-UHF, les problèmes de CEM sont essentiellement liés à la réception directe par l'antenne de réception d'un téléviseur. Il est donc judicieux de monter les antennes d'une station de radioamateur le plus loin possible des antennes TV et radio. Si nous considérons le cas d'une antenne beam, il faudra veiller à ce qu'elle ne soit pas dirigée vers ces dernières. Aux fréquences HF, les chemins par lesquels les ondes radio peuvent produire des interférences sont plus difficiles à maîtriser. La distance entre les antennes et les appareils susceptibles d'être perturbés devra être plus importante. Une antenne symétrique, comme un dipôle, donne moins de problèmes qu'une antenne asymétrique comme un long fil. Donc, si nous utilisons un câble coaxial, il faudra aussi prévoir un balun. La ligne d'alimentation devra s'écarter directement du dipôle en formant un angle droit et ne pas revenir parallèlement à un des brins du dipôle. Si on ne tient pas compte de cette règle, un courant HF est induit dans la tresse du câble coaxial et le câble pourra à son tour rayonner d'où problèmes de CEM. Toutefois, on peut réduire ces problèmes en glissant des cylindres de ferrite autour du câble coaxial.



Dans certains cas, la limitation d'espace peut contraindre à utiliser une antenne long fil. Au point d'alimentation de cette antenne, il y a une très forte tension et un très grand courant. Ceci peut produire des problèmes de CEM par le secteur (220 V) ou par les lignes téléphoniques. Une solution consiste à alimenter l'antenne par l'autre bout (le bout le plus éloigné). Comparez cette disposition avec celle donnée au chapitre 5.

Pour les bandes HF, il est nécessaire d'avoir une bonne terre. Ceci sera détaillé dans une autre section.

Les modes de transmissions et CEM

La probabilité d'avoir des problèmes de CEM dépend de la puissance utilisée et du mode de transmission. Plus la puissance est grande, plus le risque est élevé.

Les modes où la puissance de sortie est constante comme la FM ou les modes numériques tels que le PSK présentent moins de risques. Les modes où la puissance de sortie varie présentent plus de risques. La CW pose un peu moins de risques que l'AM ou la BLU. Ces deux derniers sont des modes à grand risque. En CW, le fait d'avoir un émetteur qui aplanit les transitions brutales du signal peut réduire les problèmes de CEM.

L'immunité et l'utilisation de filtres

L'immunité est la propriété d'un appareil qui permet de résister aux interférences et de continuer à fonctionner correctement. Les fabricants de matériel électrique sont maintenant obligés de s'assurer que le matériel qu'ils vendent respecte la directive de la commission européenne. Ceci devrait leur garantir une immunité jusqu'à un certain niveau.

Mais que signifie "immunité jusqu'à un certain niveau"? Dans une habitation ordinaire, les équipements sont soumis à plusieurs signaux radio, aux signaux des stations GSM, aux signaux des émetteurs de radiodiffusion, mais aucun de ces signaux n'est aussi fort que le signal d'un radioamateur qui habite juste à côté. Comme nous l'avons signalé précédemment, l'intensité des ondes électromagnétiques diminue très vite quand la distance augmente. C'est pour cette raison que les émetteurs de radiodiffusion, même s'ils sont extrêmement puissants, ne produisent pas de signaux très forts. Il n'est donc pas surprenant de voir que certains appareils peuvent parfois manquer d'immunité vis-à-vis des signaux des radioamateurs.

Ce sont les fabricants qui, lors de la conception des appareils, permettent de garantir une certaine immunité. Toutefois, on peut augmenter l'immunité en ajoutant un filtre à l'extérieur de l'appareil. Des tores ferrites ou des "clamps" peuvent être ajoutés sur les câbles d'alimentation par exemple. On peut aussi mettre un filtre dans le câble d'antenne du téléviseur.

Des filtres sont disponibles auprès des revendeurs de matériel radio et TV. Pour la licence de base, nous n'utiliserons que des filtres commerciaux. Mais, lorsque nous connaîtrons mieux la radio et lorsque nous aurons étudié la matière pour la licence complète, nous pourrions construire nos propres filtres.

Notes:

Une des façons de combattre les interférences est d'inclure un filtre. L'endroit et le type de filtre dépendent essentiellement de la voie par laquelle le signal radio pénètre et affecte l'équipement électronique :

- via le **cordon secteur** : le filtre laissera passer la fréquence du secteur (50 Hz) et bloquera tous les signaux HF/VHF/UHF.

- via les câbles des **haut-parleurs** ou le **câble téléphonique** : le filtre devra laisser passer toutes les fréquences en dessous de 15 kHz et bloquer tous les signaux HF/VH//UHF. Une solution consiste à placer des ferrites autour des câbles. Certaines de ces ferrites se clipsent autour du câble, ce qui facilite le montage.

- via le câble d'antenne d'un **récepteur radio OL ou OM** : le filtre devra laisser passer les fréquences entre 100 kHz et 1,6 MHz et bloquer tout le spectre HF/VHF et UHF.

- via le câble d'antenne d'un **récepteur OC** : étant donné que les bandes amateurs sont intercalées dans les bandes de radiodiffusion, le problème ne peut être résolu facilement. Heureusement, il y a peu d'écouteurs des OC et la probabilité d'interférence est faible.

- via le câble d'antenne d'un **récepteur FM** : la bande FM (87,5 à 108 MHz) étant entre la bande 50 MHz et les bandes 144 et 430 MHz, il faut utiliser un filtre qui ne laisse passer que la bande 87,5 à 108 MHz et qui supprime toutes les autres bandes.

- via le câble d'antenne d'un **récepteur TV** : les bandes TV sont situées entre 47 et 862 MHz, et il faudra utiliser des filtres spécifiques qui bloquent la bande de fréquence radioamateur qui cause des perturbations.

- réception TV par la **télédistribution** : un problème supplémentaire est l'emploi des inter bandes et nos bandes amateurs (144 et 430 MHz) tombent dans ces inter bandes. Si les câbles de télédistinctions étaient en parfait état, il ne devrait pas y avoir de problème, mais ceci n'est malheureusement pas toujours le cas.



Filtre pour le secteur



Filtre pour ligne téléphonique



Filtre pour émetteur HF

Conséquences relationnelles (sociales)

Malheureusement, il y a souvent des motifs de disputes entre voisins et les problèmes de CEM en est un. Si on traite ces problèmes avec tact et diplomatie, on pourra très certainement trouver une solution. Vous allez ainsi éviter la confrontation, des ennuis et des frais. Nous allons vous donner quelques conseils pour résoudre ces problèmes de CEM à l'amiable :

- dès que vous êtes averti d'un problème, arrêtez IMMEDIATEMENT vos émissions.
- n'oubliez pas que le radio amateurisme est un hobby et qu'il passe après d'autres priorités.
- demandez à voir et à constater le problème.
- demandez au voisin de vous assister pour pouvoir porter un jugement.
- il est parfois intéressant de montrer que votre propre téléviseur n'est pas affecté. Mais n'utilisez pas cet argument pour refuser de régler le problème chez les voisins.
- essayez d'avoir une troisième personne indépendante pour appuyer votre cause, si le problème est indiscutablement chez le voisin. L'UBA a un EMC manager, demandez-lui conseil.
- ne sous-estimez pas le problème, ne promettez rien trop vite et n'admettez pas trop vite que vous êtes en faute.

- n'apportez pas hâtivement des modifications à votre installation ou à celle du voisin.
- soyez sûr d'avoir un « **logbook** » bien tenu à jour. Il vous servira à établir des relations entre les effets et les causes et vous permettra de résoudre plus vite le problème.
- demandez à votre voisin de noter les heures des brouillages.

Vous pouvez aussi donner les détails, les adresses et numéros de téléphone de l'A.N.F. Expliquez à votre voisin que les problèmes d'interférences sont de la compétence de l'A.N.F et qu'il est normal, qu'en cas de problème, on fasse appel à cet organisme.

L'A.N.F inspectera certainement en premier lieu votre installation pour voir si elle est en ordre de fonctionnement et si vous remplissez les conditions de la licence. Vous traiterez cette visite avec beaucoup d'attention et de respect, comme si c'était vos parents ou grands-parents. L'A.N.F vous indiquera comment résoudre le problème ou vous indiquera quelle est votre erreur. Il est de votre intérêt de coopérer avec l'A.N.F : si votre attitude est correcte, vous pourrez apprendre beaucoup des agents de l'A.N.F

Lorsque l'agent de l'A.N.F aura inspecté votre station et l'équipement perturbé du voisin, il vous dira si votre station est en ordre ou non. Il vous indiquera également comment résoudre le problème.

Chapitre 7 : Procédures pratiques

Cette partie constitue la matière de l'examen pratique pour l'obtention la licence de base

Introduction

La licence de base exige aussi que vous puissiez démontrer votre aptitude à connecter les éléments d'une station de radioamateur et à utiliser correctement cette station. Même si ceci va être expliqué dans les pages qui vont suivre, ce n'est que par la pratique que vous pourrez vous familiariser avec les différents réglages de votre émetteur-récepteur ainsi qu'avec les tonalités des différents modes de modulation. Pour cette raison, ce qui est décrit, ici est un aperçu de cette partie du programme. Ce que nous verrons ici consiste en quelques règles, formulées en "faites" et "ne faites pas". Mais, la partie la plus importante consiste à apprendre, par le geste, à apprendre en manipulant un émetteur-récepteur. Cette section pratique est la clef de voûte du programme de la licence de base.

Votre façon de procéder devra être irréprochable. Le radioamateur qui obtient son certificat et donc sa licence, doit être capable d'utiliser sa station dans des circonstances normales et doit avoir assez de pratique pour opérer seul sa station. Il doit aussi être capable d'apprendre de nouvelles choses. Certains points de cette section doivent pouvoir faire l'objet de démonstration de savoir-faire par des exercices pratiques "sur l'air". Il est important que le candidat utilise une antenne fictive pour tous les réglages préliminaires.

Plans de fréquences

En plus des limites de la bande les plans de fréquences sont des recommandations pour un bon usage des bandes, c'est un code de bonne conduite. Les plans sont établis par chaque pays en tenant compte de leurs besoins propres et en suivant aussi les recommandations internationales. Un plan de bandes détaille comment chaque bande est utilisée pour chacun des modes de transmission. Bien que le plan de bandes ne soit pas une matière inscrite dans la loi (l'Arrêté Ministériel), il est fortement recommandé que vous suiviez les plans de fréquences comme le font d'ailleurs tous les radioamateurs licenciés. Il est établi de sorte que chaque type d'activité y trouve sa place.

Tous les plans de bandes, avec leurs détails, sont disponibles sur le site de L'A.R.A Comme nous l'avons déjà dit plus haut, il est important de les respecter en tout temps et en particulier durant l'examen. Il n'est pas nécessaire de connaître le plan de fréquences par coeur tous les plans de fréquences HF ressemblent au plan de la bande 20 m et tous les plans de fréquences VHF et UHF ressemblent au plan de la bande 2 m

1. Plan de fréquences pour la bande 20 m

14.000 – 14.070	CW
14.000 – 14.060	CW : segment de préférence utilisé pour les concours (contests)
14.070 – 14.099	Modes numériques et CW
14.099 – 14.101	Balises (International Beacon Plan)
14.101 – 14.112	Modes numériques de préférence, phonie et CW
14.112 – 14.125	Phonie et CW
14.125 – 14.300	Phonie, segment de préférence utilisé pour les concours (contests), CW
14.230	Fréquence d'appel SSTV et FAX
14.300 – 14.350	Phonie et CW

Explications :

- le bas de la bande est toujours réservé **EXCLUSIVEMENT** à la télégraphie(CW)
- le haut de la bande est mixte, phonie et télégraphie, mais les stations en télégraphie sont rares
- les modes numériques (RTTY, Packet Radio, PSK31, et autres) sont toujours situées entre le segment exclusivement télégraphie et le segment phonie et télégraphie.
- les radioamateurs n'émettent **jamais** dans les segments des balises, ceux-ci sont exclusivement réservés à l'étude de la propagation donc, tout le monde écoute les balises.
- pour laisser un peu de place aux autres utilisateurs, les radioamateurs qui participent aux concours sont priés de n'utiliser que certains segments.
- les plans des autres bandes HF (de 160 m à 10 m) ressemblent fort au plan de la bande 20 m

2. Plan de fréquences pour la bande pour 2 m

144.000 à 144.035	EME (liaison Terre-Lune-Terre), SSB et CW
144.035 à 144.150	CW
144.150 à 144.400	SSB (c.-à-d. phonie BLU)
144.400 à 144.500	Balises
144.500 à 144.800	Tous modes
144,800 à 144.990	Modes numériques
145.000 à 145.1875	Fréquences d'entrée des relais (canaux espacés de 12,5 kHz)
145.200 à 145.6875	Canaux simplex FM (canaux espacés de 12,5 kHz)
145.600 à 145.7875	Fréquences de sortie des relais (canaux espacés de 12,5 kHz)
145.800 à 146.000	Satellites

Explications :

- le bas de la bande est réservé **EXCLUSIVEMENT** à la télégraphie (CW)
- puis vient la partie BLU phonie
- puis le segment tous modes
- puis le segment réservé aux modes numériques (essentiellement Packet Radio)
- les radioamateurs n'émettent **jamais** dans les segments des balises, ceux-ci sont exclusivement réservés à l'étude de la propagation donc, tout le monde écoute les balises.
- puis le segment des relais qui, pour des raisons de facilité est divisé en canaux
- et enfin, un segment réservé aux communications via satellites

Si un radioamateur vous fait une remarque sur l'emploi des bandes, consultez alors les plans de fréquences avec attention et s'il a raison, tenez-en compte pour le futur !

Ecoutez d'abord !

Ecouter pendant un certain temps va certainement vous apprendre une multitude de choses. C'est pour cette raison que posséder un récepteur décimétrique et **écouter** est tellement important pour un radio amateur. Ecouter, vous permettra de régler la fréquence sur une émission (ceci est particulièrement vrai en BLU). Vous apprendrez aussi quelle bande est ouverte, à quel moment de la journée et à quelle période de l'année. Vous saurez aussi à quoi vous attendre lorsque vous-mêmes allez émettre. Cela peut paraître évident, mais avant de d'entamer une émission, il faut toujours écouter un peu afin de vérifier si la fréquence est bien libre. Il se peut que deux stations soient en communication, mais que vous n'en entendiez qu'une seule parce que l'autre est hors de votre portée. Il faut donc s'assurer qu'il y ait eu suffisamment de "blanc" dans votre émission afin qu'une station qui aurait été brouillée involontairement, puisse se manifester.

L'alphabet phonétique

L'alphabet phonétique est donné dans l'Annexe 14 des Recommandations de l'Union Internationale des Télécommunications (UIT). Cet alphabet doit être utilisé pour épeler les indicatifs et il doit être connu (par coeur) pour l'examen pratique.

Le rapport et le code RST

Un rapport est donné sous forme de 2 ou 3 chiffres basés sur le code RST comme indiqué dans le tableau en annexe. Pour la téléphonie (la transmission des signaux vocaux), on utilise uniquement la lisibilité (R) et la force du signal (S). La force du signal est lue sur le récepteur grâce à un appareil de mesure appelé Smètre.

Certaines stations ont l'habitude de donner "59" quelle que soit la force du signal reçu. Ceci n'est pas correct, il vaut mieux donner un rapport exact.

Dans le monde des radios amateurs on parle de **rapport** ou de **report** en anglais, mais on n'utilise pas les mots "Radio" ou "Santiago" qui appartiennent au vocable des ci-bistes.

Premiers appels

La forme de l'appel dépend de la fréquence. Sur les bandes 2 m et 70 cm, il existe des canaux d'appels préférentiels. Demandez au radio club quelles sont les fréquences habituelles. En décamétrique, l'appel se fait en fonction du plan de fréquences.

La forme de l'appel dépend aussi du mode. Pour cet examen, nous ne verrons que la téléphonie. *Une partie de l'épreuve consiste à faire un simple contact, ce qui implique*

- *Que vous connaissiez les procédures, c.-à-d. comment appeler, ce qu'il faut échanger comme information, comment échanger le rapport et comment terminer le contact.*

- *Que vous soyez capable d'utiliser correctement les différents réglages de votre émetteur-récepteur, ceci comporte essentiellement le VFO (bouton d'accord), le volume et le squelch. Dans ces manipulations, on doit inclure la lecture du ROS de l'antenne et le réglage du coupleur d'antenne et le réglage de l'antenne.*

Procédure en HF et en SSB

Une des difficultés de la BLU (SSB) est qu'une petite erreur de fréquence peut déformer le signal jusqu'à le rendre incompréhensible. L'accord précis est donc absolument indispensable. Trouver la bonne fréquence demande un peu de temps. Sur les bandes décamétriques, il n'y a pas de fréquence d'appel spécifique. Il faudra donc parcourir toute la bande pour trouver un autre radioamateur qui appelle. Supposons que nous ne trouvions aucune autre station en train d'appeler, nous allons choisir une fréquence libre et lancer notre appel.

L'appel doit être suffisamment long pour qu'un radioamateur qui écoute puisse s'accorder correctement sur votre fréquence. Il faudra donc répéter plusieurs fois l'appel. Il est d'usage de demander si la fréquence est libre. Dites par exemple :

7 X 2 A R A

Ici Septe X-ray 2 Alfa Roméo Alfa est-ce que la fréquence est occupée ?"

S'il n'y a pas de réponse dans les 5 secondes environ, vous pouvez lancer un appel plus long

"CQ, CQ, CQ, CQ. de Septe X-ray 2 Alfa Roméo Alfa , Septe X-ray 2 Alfa Roméo Alfa qui lance appel CQ et qui repasse à l'écoute."

S'il n'y a pas de réponse, vous pouvez continuer à appeler après quelques secondes de pause. Si quelqu'un vous répond, utilisez le bouton RIT ou le bouton CLARIFIER pour vous accorder sur la

fréquence de votre correspondant, mais ne corrigez jamais le VFO sinon vous modifierez votre fréquence d'émission.

Lorsque vous répondez à quelqu'un, les deux indicatifs doivent être donnés de façon très claire, de façon à ce que la station qui appelle puisse vérifier si son indicatif a été correctement noté, par exemple :

7X2 BM 7 X 2 A R A

«Sept X-ray 2 Bravo Mike, ici Sept X-ray 2 Alfa Romeo Alfa»

Dés que le contact est établi, il n'est plus nécessaire de répéter les indicatifs, une seule fois suffit. Il faudra le répéter au début et à la fin de la transmission et au moins une fois toutes les 5 minutes, comme indiqué par la loi (Arrêté Ministériel).

Certains radioamateurs utilisent les mots "break" ou "over" pour vous laisser l'occasion de répondre à une question qui demande une réponse simple (un OUI, un NON ou une autre information très courte). Mais dans des conditions normales, on évitera d'utiliser les mots "break" et "over".

Sur les bandes décamétriques, vous serez souvent en communication avec des radioamateurs dont la langue maternelle n'est pas l'anglais, il est donc nécessaire de communiquer de façon claire, en ne parlant pas trop vite, en n'utilisant que des mots simples et en évitant des mots d'argot. Pour commencer la conversation, donnez votre nom, votre localisation et le rapport. Le rapport est représenté par 2 chiffres selon un code appelé RST.

Bonsoir, mon nom est Mohamed, et je suis à Alger, Alger Capital de l'Algérie

Remarquez aussi que les noms difficiles (pour un étranger) sont répétés et parfois épelés selon l'alphabet international

Votre correspondant vous répondra par

"7 X 2 A R A de 7X2 BM, Bonjour Mohamed ! Je suis à, Dar el Beida a environ 20 km l'est d'Alger. Votre signal est 59, 59 "9

Beaucoup de contacts consisteront en de tels échanges, mais vous pouvez continuer et donner des détails de votre station, ce qu'on appelle les "conditions de travail" (l'émetteur, l'antenne). On donne parfois aussi la profession et la météo.

En général on donne donc :

- une formule : **bonjour** ou **bonsoir**,
- on **remercie** pour l'appel ou pour la réponse
- on donne le rapport (**RST**)
- on donne la localisation (**QTH**)
- on donne le **nom**
- et on parle de sa station
- on peut aussi parler de sa profession (sans entrer dans les détails) ou d'autres hobbies ou d'autres choses sans grande importance ("Je suis en train de faire de l'écoute DX...", "Ce matin j'ai fait quelque DX ...", "Je dois quitter maintenant car je dois partir...", etc.)

Dans la dernière transmission, il est recommandé de donner les deux indicatifs en épelant phonétiquement de sorte qu'une station à l'écoute puisse vous identifier et se préparer à vous appeler. Enfin pour terminer

"Ici 7X 2 ARA qui termine avec 7X2 BM et 7X 2 ARA reste à l'écoute"

N'oubliez pas que certaines stations sont en train d'écouter et attendent patiemment leur tour de sorte qu'il est intéressant de donner certaines indications sur ce qui va se passer.

La loi Algérienne et les règles que se sont fixé les radioamateurs préconisent de ne jamais aborder des sujets politiques, religieux ou des sujets qui pourraient offenser le correspondant ou ceux qui écoutent. N'oubliez pas de noter immédiatement dans votre livre journal :

- la date et l'heure de vos émissions
- l'indicatif d'appel de la station correspondante (ici WD9DZZ)
- la bande de fréquence utilisée
- la classe d'émission utilisée (SSB, CW, FM ou un autre type de modulation)

Procédure en VHF/UHF et en SSB

La procédure et l'appel sont les mêmes en BLU et en décimétrique. Toutefois, il existe une fréquence d'appel (144,300 et 432,200 MHz). Lorsqu'il n'y a pas de trafic, on peut appeler sur la fréquence d'appel puis changer de fréquence.

D'autres radioamateurs se mettent légèrement au-dessus ou en dessous, de 3 à 10 kHz de la fréquence d'appel.

Afin de localiser les stations on utilise un groupe de lettres et de chiffres, tel que JO20EU que l'on appelle le WW-locator (World Wide Locator ou bien QRA Locator). Cela permet de définir à quelques km près où se trouve la station et la distance entre vous et votre correspondant. Ce système est trop complexe à expliquer ici, mais il suffira de demander cette information dans votre radio-club pour trouver de l'aide.

Procédure en VHF/UHF et en FM

Nous allons d'abord examiner les contacts en direct, les contacts via relais seront examinés plus tard. La plupart des radios clubs ont des habitudes et ont défini des fréquences de rendez-vous. Comme la FM ne présente pas les problèmes de la BLU, les appels CQ sont beaucoup plus courts qu'en BLU. On dira donc

"CQ CQ CQ, ici 7X 2 ARA qui lance appel"

Notez que nous n'avons pas épilé l'indicatif. Il y a deux bonnes raisons à cela : tout d'abord parce qu'il n'y a pas cette difficulté d'accord comme en SSB et parce que ces appels sont en général des appels locaux qui s'adressent normalement à des radioamateurs parlant la même langue que vous. Toutefois, il se pourrait que l'on soit amené à épeler l'indicatif si le correspondant ne comprend pas bien ou si les conditions sont difficiles.

Dès que le contact est établi, on doit quitter la fréquence afin de donner la possibilité à d'autres d'utiliser cette fréquence d'appel. Une des deux stations fera une proposition. Notez que chaque fois que vous changez de fréquence vous devez vous identifier.

"7X2 BM ici 7X 2 ARA"

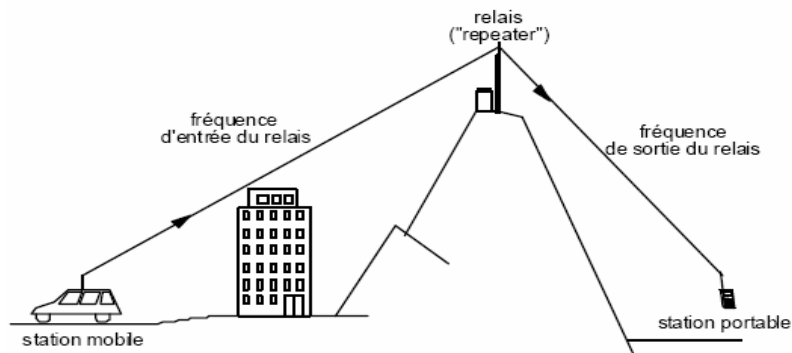
"7X 2 ARA, on passe sur 145.550 ?"

La plupart des conversations que vous entendrez en FM sont des "parlotes". Toutefois, si les conditions sont bonnes, on peut entendre des stations très lointaines et le recours à l'anglais peut, à nouveau, devenir nécessaire.

Les stations relais

A quoi servent les relais ?

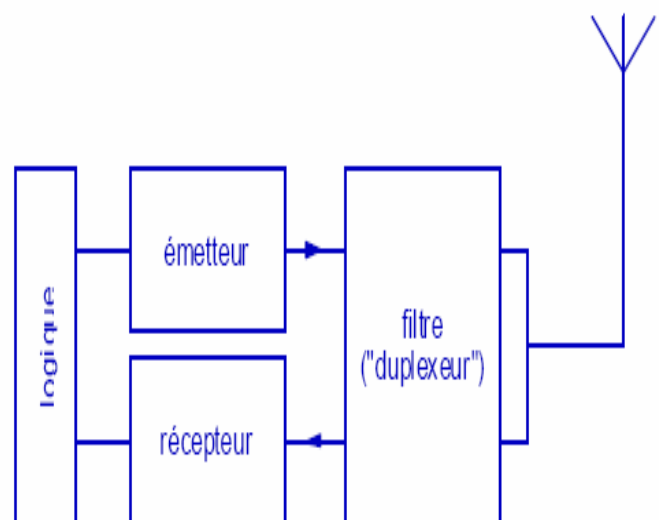
Une station relais permet aux radioamateurs qui ont une station mobile (c.-à-d. installée dans un véhicule) ou portable de communiquer entre eux et d'étendre considérablement la portée atteinte sans relais. Un relais permet aussi aux radioamateurs d'une région de rester en contact. Le relais est installé sur un point favorable, c'est-à-dire un point haut permettant de couvrir une zone relativement large. Un relais possède deux fréquences : une fréquence d'**entrée** et une fréquence de **sortie**. Un radioamateur qui veut utiliser une station relais transmet sur la fréquence d'entrée du relais et écoute sur la fréquence de sortie. L'émetteur-récepteur doit donc être programmé pour fonctionner sur 2 fréquences différentes et pour commuter automatiquement. La différence entre la fréquence d'émission et la fréquence de réception s'appelle le "shift". D'une façon générale, tous les relais 2 m ont un shift de 600 kHz, alors que tous les relais 70 cm.



Notes:

Une station relais comporte un émetteur et un récepteur. Elle comporte aussi un circuit qui va commander la logique de fonctionnement. Afin d'utiliser une seule antenne, il faut encore un filtre à cavité appelé "duplexeur".

Un relais est souvent construit par un radio club. C'est l'investissement d'un ou plusieurs radioamateurs qui permet à une communauté de bénéficier des facilités d'un relais. Il est donc logique de participer financièrement et selon ses moyens à ce genre de projet.



Comment utiliser un relais ?

Tout d'abord, les fréquences d'émission et de réception doivent être programmées dans votre transceiver. En principe on programme la fréquence de réception et le shift, c-à-d la différence entre fréquence d'émission et fréquence de réception. Le changement de fréquence (émission/réception) se fait alors automatiquement.

Renseignez-vous donc au radio club pour savoir quelle est la fréquence du relais local. Pour pouvoir utiliser un relais, il faut l'ouvrir, c.-à-d. qu'il faut lui indiquer qu'il doit se mettre en fonctionnement. Ceci se fait, la plupart du temps, en envoyant une **tonalité à 1750 Hz**. Dès que le récepteur du relais détecte cette fréquence, il enclenche l'émetteur. Après avoir envoyé votre 1750 Hz pendant 2 secondes environ, repassez en réception. Vous allez constater que le relais s'est mis en fonctionnement et qu'il transmet son indicatif. Attendez que l'indicatif soit donné pour repasser en émission et pour lancer votre appel. Et pour le reste, le contact se déroule comme en FM.

Si le récepteur du relais ne reçoit pas de signal pendant 10 secondes ou plus, il coupe l'émetteur et le relais attend un nouveau signal à 1750 Hz.

Si le récepteur est actif pendant plus de 3 minutes, il coupe également le relais, ceci assagit les bavards.

N'oubliez pas :

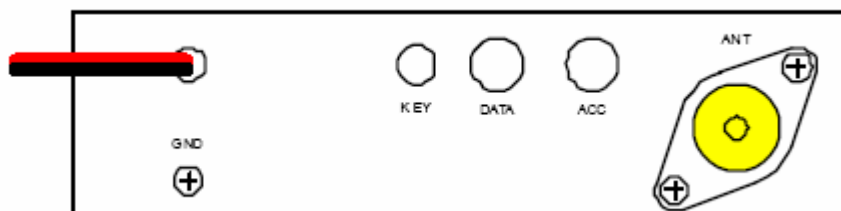
- que plusieurs personnes sont à l'écoute du relais, ayez donc une procédure irréprochable.
- certains relais n'utilisent pas le 1750 Hz, mais une fréquence subaudible (entre 67 et 254 Hz), ce système est appelé CTCSS (Continuous Tone Coded Squelch System). Il est possible de choisir entre une cinquantaine de tons de CTCSS. Les CTCSS peuvent être différents d'un relais à l'autre
- si vous pouvez entendre votre correspondant en direct, il vaut mieux quitter le relais et passer sur un canal simplex
- l'emploi des relais n'est pas interdit aux stations fixes, mais la priorité est donnée aux stations mobiles et portables.

L'émetteur-récepteur HF

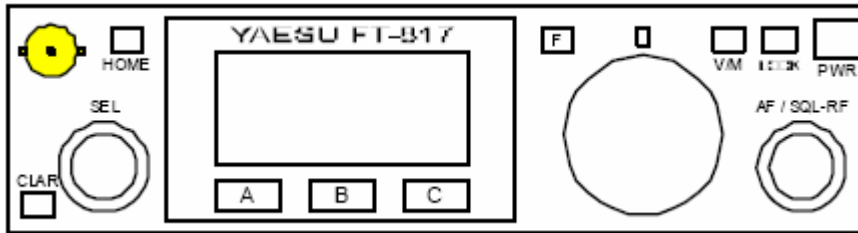
Dans cette section, nous allons considérer l'exemple du Yaesu FT-817 qui est un émetteur typiquement fait pour la licence de base. Il est alimenté en 13,8 V. Nous allons examiner les commandes :

Identifions la face arrière, on y trouve :

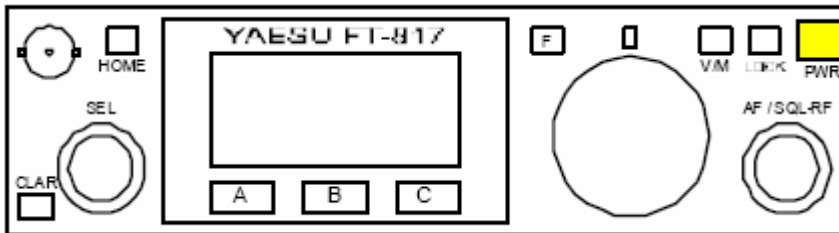
- le connecteur d'antenne du type PL259
- l'alimentation 13,8 V
- la vis de mise à la terre



Sur la face avant, on trouve un autre connecteur d'antenne, celui-ci ne sert qu'aux bandes 50, 144 et 432 MHz. Il s'agit d'un connecteur BNC.

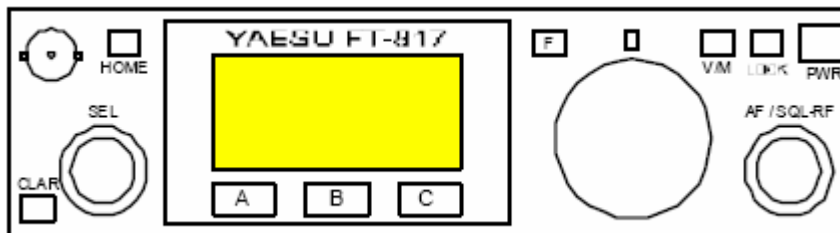


Sur la face avant, on trouve aussi le bouton PWR pour mettre l'appareil en service. Dès la mise en fonctionnement du transceiver, des indications apparaîtront sur l'écran.

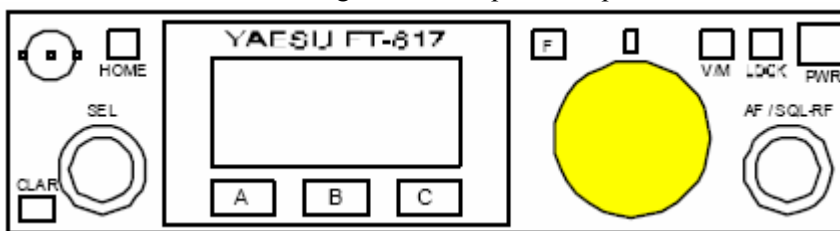


L'écran central indique :

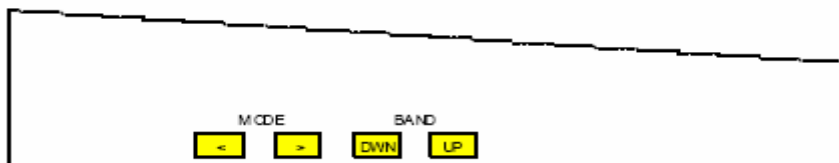
- le VFO A ou B ou la mémoire
- le mode (USB, LSB, CW, FM,...)
- la fréquence
- le S-mètre, la puissance émise ou le ROS
- des indicateurs divers



Le bouton d'accord de l'émetteur-récepteur est aussi appelé VFO. C'est en général le plus gros bouton d'un transceiver. L'affichage LCD indique la fréquence.

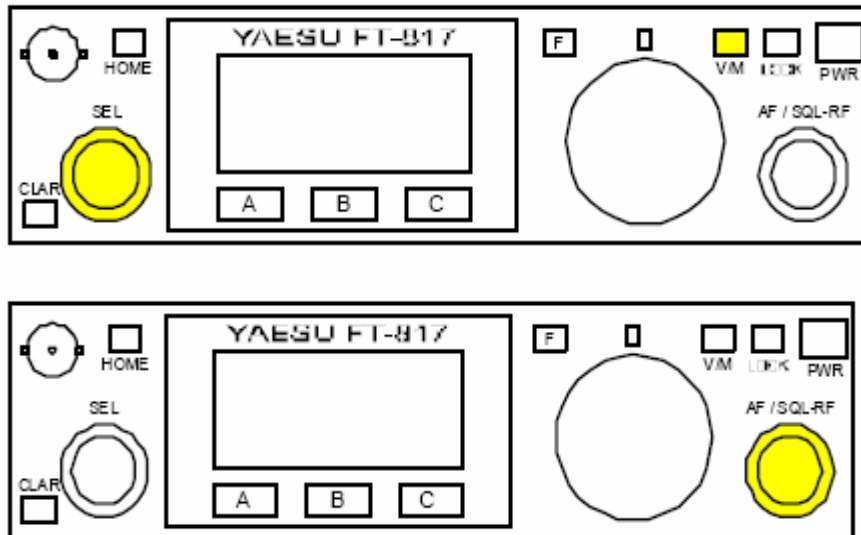


Vous trouverez aussi deux boutons BAND pour changer de bande. Ces deux boutons permettent de parcourir les différentes bandes radioamateur 1,8 – 3,5 – 7 – 10 – 14 – BC – 18 – 21 – 24 – 28 – 50 – 88 – 108 – 144 – 430. En plus, deux autres boutons permettent de changer le mode de modulation. LSB – USB – CW – CWR – AM – FM – DIG – PKT



Le bouton V/M permet de passer du VFO aux mémoires.

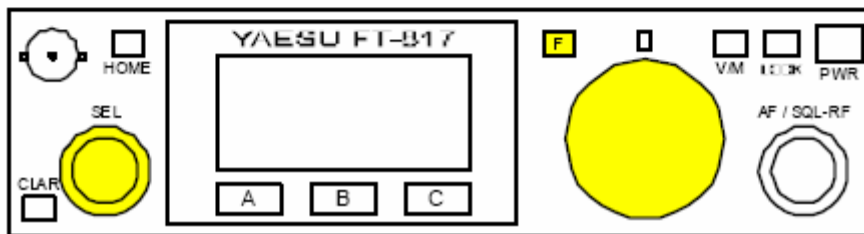
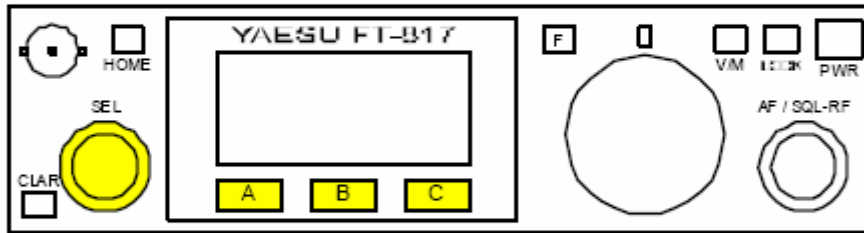
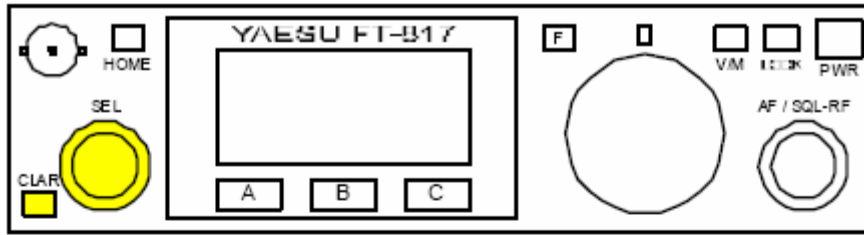
Habituellement, les mémoires sont utilisées pour mémoriser les canaux des relais 144 et 430 MHz ou pour les canaux simplex que l'on utilise régulièrement. En HF, le VFO est pratiquement toujours utilisé. AF / SQL et RF – Ce sont deux boutons concentriques. Le bouton AF ajuste le niveau audio, c'est le volume du haut-parleur. Le bouton le plus près de la face avant est le bouton de squelch.



Le squelch (silencieux) ne s'utilise qu'en FM : en partant de la position minimale (tourné tout à fait à gauche), tournez le bouton lentement vers la droite jusqu'à ce que le souffle soit coupé. Ce point est le réglage correct du squelch.

Le gain RF ne s'utilise qu'en HF en présence de signaux puissants. Le CLARifier (ou RIT) s'emploie pour corriger un petit décalage entre la fréquence d'émission et de réception. Appuyez d'abord sur le bouton carré avant de toucher au réglage. Un bon conseil ; pendant un contact, ne touchez JAMAIS à votre fréquence d'émission (VFO) mais corrigez la éventuellement avec le CLAR. Les boutons A, B et C et le bouton SEL permettent de modifier les paramètres principaux. Il est souhaitable de consulter le manuel car les commandes peuvent être assez complexes.

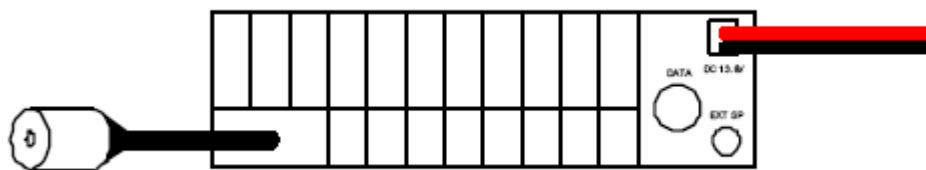
On peut aussi définir d'autres paramètres grâce au menu : appuyer sur [F] pendant plus d'une seconde, utiliser [SEL] pour choisir les fonctions, utiliser le bouton du [VFO] pour choisir la valeur. Il est souhaitable de consulter le manuel car les commandes peuvent être assez complexes



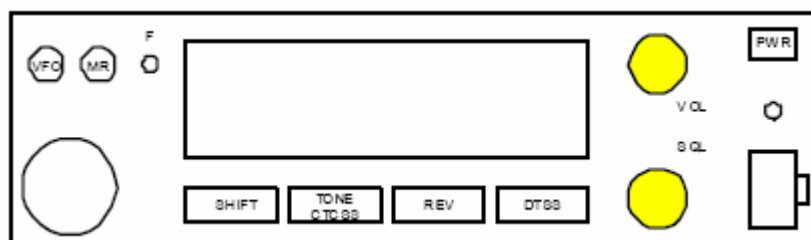
L'émetteur-récepteur VHF/UHF

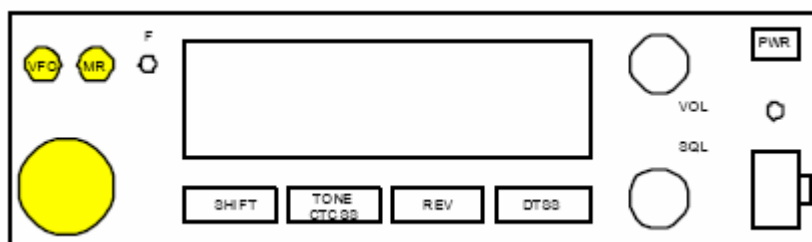
Nous allons analyser un TM -251 de KENWOOD. Il s'agit d'un émetteur-récepteur classique destiné à être utilisé en mobile. Identifions la face arrière, on y trouve :

- un petit morceau de câble terminé par un connecteur de type SO239
- deux fils pour l'alimentation à 13,8 V

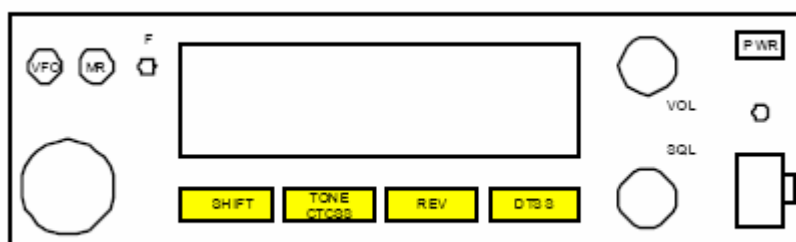


On distingue, sur la face avant, le réglage du volume et celui du squelch. On distingue aussi deux boutons VFO et MR (Memory Recall) ainsi que le bouton de sélection de la fréquence ou de la mémoire.



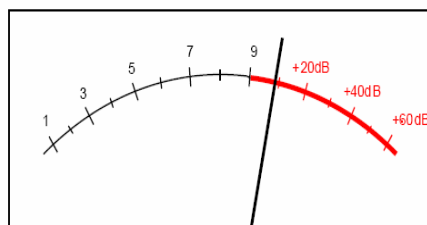


- SHIFT permet d'avoir ou non le décalage pour les relais
- TONE CTCSS pour l'envoi de la tonalité (émission) et la mise en service du silencieux (réception). Si 1750 est sélectionné comme CTCSS, alors une pression sur TONE CTCSS enverra du 1750 Hz.
- REV permet d'écouter sur la fréquence d'entrée du relais. Si le signal est audible, on pourra éventuellement passer en simplex (sans relais)



Le S-mètre

Un des éléments du rapport est la force des signaux (le "S" de RST). Le S provient de Strength comme la force du signal. Les transceivers sont équipés d'un S-mètre qui donne une indication proportionnelle à la force du signal reçu. Il existe des S mètres équipés d'appareils à aiguille et des S-mètres utilisant un bar graphe sur un affichage LCD.



S-mètre à aiguille



S-mètre du type bar graphe

Le S-mètre est étalonné en points "S", un signal S9 est un signal très confortable. Entre 2 points S il y a une différence de 6 dB (2 x en tension soit 4 x en puissance). Au-delà de S9, le S-mètre est étalonné en S9+20, S9+40, et S9+60dB."Donner le rapport" consiste à lire la valeur indiquée par le S-mètre et à la communiquer à son correspondant en disant "*vo*tre signal est S- "*quelque chose*" ici".

Le ROS-mètre ou SWR-mètre

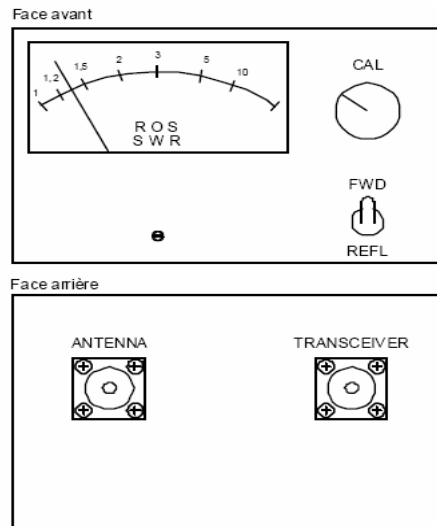
Il existe deux types de ROS-mètre :

- le premier utilise un simple appareil de mesure (un simple microampèremètre)
- le second utilise un appareil avec 2 aiguilles, ce dernier est le plus courant.

Nous allons voir comment procéder pour lire le ROS d'une antenne :

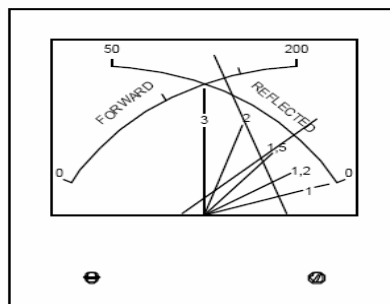
Un ROS-mètre avec un appareil de mesure ordinaire (c.-à-d. avec une seule aiguille) se présente comme ci-contre :

1. connectez le ROS-mètre entre l'émetteur et l'antenne. Le connecteur marqué ANTENNA doit être raccordé à l'antenne et le connecteur marqué TCVR ou TRANSCEIVER doit être connecté à l'émetteur. Si on ne connecte pas correctement le ROS mètre, la lecture ne sera pas correcte !
 2. prédisposez l'émetteur en basse puissance
 3. mettez le ROS-mètre sur Forward (parfois abrégé en FWD)
 4. tournez le bouton "CAL" jusqu'à ce que le ROS mètre dévie à fond d'échelle
 5. commutez sur la position "Reflected" (REFL) ou "SWR", la valeur du ROS peut maintenant être lue.
 6. dans le cas de la figure ci-contre, le ROS serait de 1,3
- Le ROS mètre devra être calibré avant chaque lecture, car la puissance varie un peu.



ROS-mètre à 2 aiguilles encore appelé ROS-mètre à aiguilles croisées:

1. connectez le ROS-mètre entre l'émetteur et l'antenne. Connectez bien le câble d'antenne sur le connecteur marqué ANTENNA et le câble vers l'émetteur sur le connecteur marqué TRANSCEIVER.
2. prédisposez l'émetteur en basse puissance
3. les deux aiguilles se croisent dans un secteur où l'on peut mesurer le ROS.
4. dans le cas de la figure, on dira que le ROS est de 1,5.



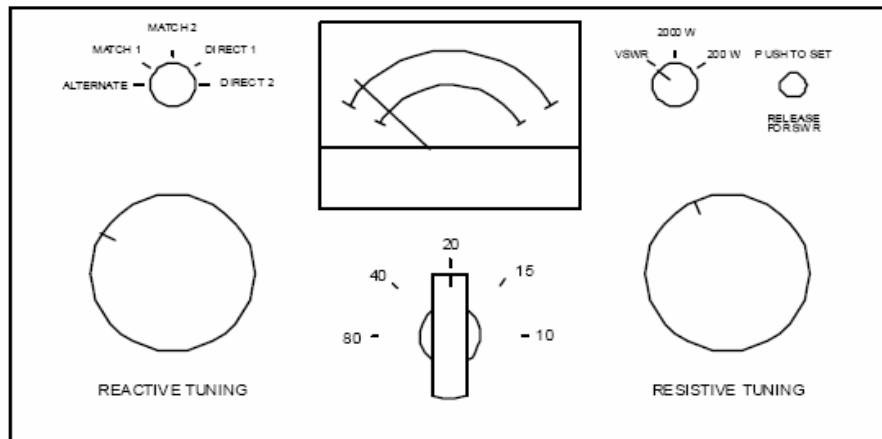
Remarquez que la puissance, dans le sens direct, est représentée par une des aiguilles et qu'il faut la lire sur l'échelle FORWARD, tandis que la puissance réfléchie est indiquée par l'autre aiguille sur l'échelle REFLECTED. Caractéristiques importantes :

- la puissance maximale que le ROS mètre peut mesurer
- la plage de fréquences pour laquelle il est conçu.

Le coupleur d'antenne

Le coupleur d'antenne ou la boîte de couplage va permettre d'adapter le système d'antenne à l'émetteur. Un tel coupleur peut se présenter comme ci-dessous. On remarque le ROS-mètre incorporé. Cet appareil peut aussi mesurer la puissance. On utilisera le ROS-mètre comme indiqué plus haut. On remarque aussi un sélecteur d'antenne :

- ALTERNATE qui sert normalement à l'antenne factice, mais qui peut aussi servir de sortie directe (sans coupleur)
- MATCH 1 et MATCH 2, les 2 sorties en passant par le coupleur, et,
- DIRECT 1 et DIRECT 2, les 2 sorties sans passer par le coupleur



Réglage :

- mettre l'émetteur-récepteur en position réception, changer de bande et diminuer la puissance de sortie
- mettre le sélecteur sur la bande correspondante (80, 40, 20, 15 ou 10 m)
- régler alternativement les 2 boutons de réglage REACTIVE TUNING et RESISTIVE TUNING pour un ROS minimum. La mesure du ROS et le couplage de l'antenne se font toujours avec la puissance minimale, afin d'éviter de causer des interférences à d'autres et aussi d'éviter d'endommager l'émetteur. Ce sujet va encore être abordé dans la section concernant les antennes. Emettre avec un ROS élevé ou sans antenne peut endommager votre émetteur.

Réglage de l'antenne

Note: Le système peut être préparé par l'instructeur ou par le groupe. Il faut utiliser la puissance la plus basse possible, mais elle doit pouvoir donner une déviation de l'appareil de mesure suffisante. Elle ne dépassera pas celle d'un émetteur-récepteur portable (5 Watts). Si cela n'est pas possible, il faudra, en tous cas, respecter les normes de protection contre les rayonnements électromagnétiques (ICNIRP et loi belge). Pour l'examen, vous devez être capable d'ajuster une antenne à un émetteur. Vous aurez à disposition une antenne dipôle ajustable pour la bande des 2 m, le ROS mètre, les câbles et l'émetteur.

Préparation

Avant de commencer ce travail, nous devons nous rappeler un certain nombre de points :

1. Nous devons toujours utiliser le minimum de puissance.
2. Nous devons utiliser un ROS mètre et donc savoir comment il fonctionne.
3. Nous devons transmettre donc nous devons observer les règles d'identification de la station. Lorsque nous commençons à transmettre, nous devons dire "7X2 A R A , 7X2 A R A , 7X2 A R A , en

test". Au lieu de "en test", on peut dire "testing". Puisque nous venons de dire "en test", personne ne nous répondra.

3. Sauf spécification contraire, on choisit toujours une fréquence en milieu de la bande et une fréquence non occupée.
5. Puisque nous émettons, nous devons noter cette information dans le graphe Ajustage de l'antenne

NE TOUCHEZ JAMAIS A L'ANTENNE PENDANT QUE VOUS EMETTEZ, REPASSEZ TOUJOURS EN RECEPTION AVANT DE FAIRE UN AJUSTAGE.

1. Si ce n'est déjà fait, connectez l'antenne fournie à l'émetteur.
2. Choisissez une fréquence libre dans la bande où vous voulez travailler.
3. Vérifiez que la fréquence n'est pas utilisée et faites une mesure du ROS. Utilisez le moins de puissance possible.
4. Raccourcissez l'antenne de 10 mm et faites la même chose de l'autre côté du dipôle.
5. Faites une nouvelle mesure du ROS. Si le ROS est plus élevé, c'est qu'il fallait allonger au lieu de raccourcir !
6. Continuez maintenant à raccourcir (ou à allonger) jusqu'à obtenir un ROS de 1,5:1. Lorsque vous vous approchez de cette valeur, raccourcissez de 5 mm ou même de 3 mm. Si le ROS remonte c'est que vous avez dépassé le minimum, revenez un peu en arrière.
7. Il n'est pas nécessaire d'avoir un ROS de 1:1, si vous obtenez moins de 1,5:1, appelez votre instructeur et montrez-lui le résultat. Si vous n'obtenez pas 1,5:1, arrêtez-vous au minimum et appelez votre instructeur.

L'ajustage d'une antenne est un processus répétitif de mesure et de modification de longueur. Prenez patience et ne vous énervez pas. Dans certains cas, il est judicieux de noter la longueur de l'antenne et le ROS.

Règle à retenir

- si le ROS est plus bas (meilleur) dans le bas de la bande, cela signifie que l'antenne est trop longue
- si le ROS est plus bas (meilleur) dans le haut de la bande, cela signifie que l'antenne est trop courte

Raccordements d'une installation de radioamateur

Lors du test, tous les éléments de la station devront être interconnectés. Vous trouverez ci-dessous le schéma d'une alimentation, un émetteur récepteur, d'un ROS mètre, d'un microphone et d'un manipulateur.

L'antenne n'est pas représentée ici, puisqu'elle est à l'extérieur. Vérifiez bien le matériel et identifiez les différentes connexions. Une des premières choses à faire est de vérifier que l'alimentation est coupée (l'interrupteur est sur OFF), ainsi que l'émetteur-récepteur (l'interrupteur est sur OFF). Si votre émetteur-récepteur possède une commande MOX (mise en émission manuelle) veillez à ce qu'elle ne soit pas active

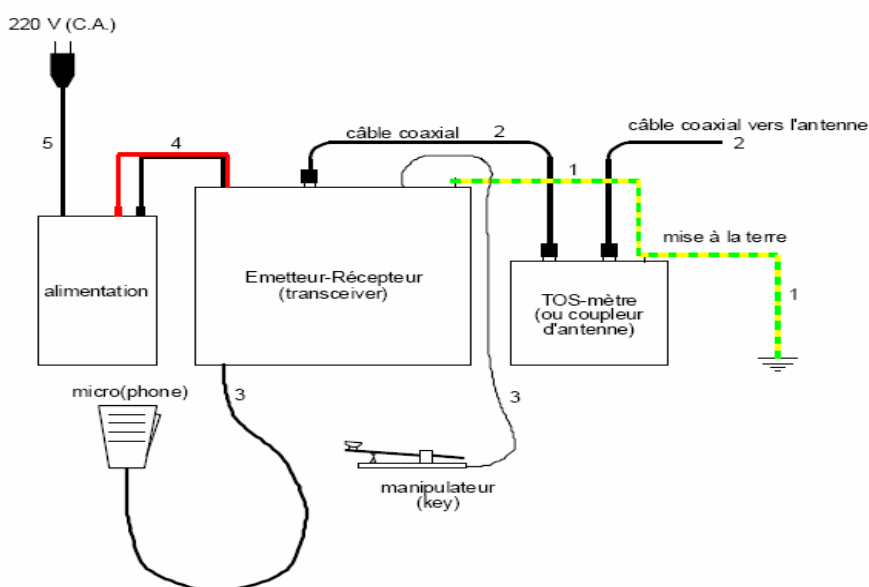
1. L'étape suivante consiste à mettre la station correctement à la terre. On emploiera de préférence du fil de couleur jaune/vert et de section suffisante. On peut raccorder la masse de l'émetteur à la masse du ROS mètre et de là, vers la prise de terre.

2. On peut ensuite connecter les câbles coaxiaux. Un câble coaxial part de l'émetteur et va sur la fiche marquée "TCVR" sur le ROS mètre. L'autre câble va de la fiche marquée "ANTENNA" sur le ROS mètre vers l'antenne. Serrez correctement les fiches PL259.

3. Connectez maintenant le microphone et le manipulateur.

4. Connectez ensuite les fils d'alimentation 13,8 V de l'émetteur-récepteur sur l'alimentation. Respectez bien les polarités !

5. Et, dernière étape, connectez la fiche 220 V dans la prise murale.



Si vous connectez autre chose que le microphone d'origine (un modem RTTY ou Packet Radio par exemple), il faudra faire attention de bien câbler les connecteurs et de bien respecter les niveaux audio d'entrée et de sortie.

Chapitre 8 : Sécurité

Le radio amateurisme n'est pas un hobby dangereux, mais il faut connaître certaines choses sur les dangers électriques.

Hautes tensions et courants élevés

On trouve de tensions mortelles dans les appareils alimentés par le secteur. C'est le cas entre autres des amplificateurs de puissance. Faites toujours très attention aux symboles de danger apposés sur (ou dans) les appareils. Assurez-vous que la fiche soit bien retirée de la prise de courant et attendez au moins une minute avant d'ouvrir un appareil (pour que les condensateurs soient bien déchargés).

D'autre part, des appareils à basse tension exigent parfois des courants extrêmement importants fournis par des batteries ou des alimentations 13,8 V. Un court-circuit avec un courant important va faire chauffer le conducteur ; dans un premier temps l'isolant (plastique) va fondre, mais la température peut être tellement élevée que le bois d'une table ou d'une étagère peut prendre feu, communiquant ensuite l'incendie à toute la maison.

Un autre danger provient des bagues et des bracelets (métalliques) de montre qui peuvent rentrer en contact avec des parties sous tension, causant des courts-circuits, avec des courants tellement importants qu'ils peuvent occasionner des brûlures.

Les condensateurs et particulièrement les condensateurs électrolytiques sont une autre source d'accident. L'énergie emmagasinée peut être très grande et elle peut y être conservée pendant plusieurs jours même après avoir coupé l'alimentation. Il faudra donc non seulement couper l'alimentation, mais aussi attendre un certain temps pour que les condensateurs se déchargent et, comme dernière mesure de sécurité, décharger le condensateur avec un tournevis.

Fusibles et disjoncteurs

Le rôle des fusibles et disjoncteurs est de protéger les conducteurs électriques d'un échauffement excessif. C'est la raison pour laquelle, il est très dangereux de remplacer un fusible (ou un disjoncteur) par un autre de calibre supérieur.

Notes :

Les protections installées dans les appareils sont habituellement des **fusibles**. Il s'agit d'un fin fil dans un tube en verre. Si l'intensité est supérieure au calibre du fusible, le fil fond et le fusible doit être remplacé. De plus, il existe plusieurs temps de réaction des fusibles, il existe des fusibles lents et des fusibles rapides en fonction de l'application souhaitée.

Les **disjoncteurs** sont d'autres types de protection. Ceux-ci sont fréquemment utilisés dans les installations 220 V. Après une surintensité et un déclenchement, le disjoncteur pourra être réarmé.

Une variante est le **disjoncteur différentiel** qui déclenche aussi quand il y a des pertes dans les installations électriques. Il est devenu obligatoire pour les salles de bain.



Câblage des fiches secteurs

La mise à la terre est une mesure de protection qui évite les électrocutions. Si un fil venait à être dénudé et à venir en contact avec la masse (terre) ou si une pièce métallique tombait entre une borne du secteur 220 V et la masse, une personne qui toucherait cette masse serait électrocutée. Si le châssis est raccordé à la terre, le fusible va fondre et le risque d'électrocution n'existe plus. Une fiche doit aussi être câblée correctement :

- le fil brun va sur la borne marquée "L"
- le fil bleu est le neutre et va sur la borne marquée "N"
- le fil jaune vert est le fil de terre et va vers la borne marquée Il est important
- de bien serrer les bornes de raccordement
- de vérifier que l'isolant n'est pas détérioré

Electrocution

L'électrocution est l'ensemble des effets provoqués sur un organisme vivant (donc à un être humain) par les courants électriques. L'électrocution comprend, le simple picotement, la brûlure, les convulsions, les pertes de connaissance et la mort instantanée. Sous une tension qui ne dépasse pas 230 V, les conséquences d'un contact avec l'électricité sont limitées. Vous aurez une sensation très désagréable de picotement mais dans la plupart des cas, il n'y aura pas de conséquences. Mais, si vous voyez une personne qui reste "collée" à un conducteur sous tension, il ne faut absolument pas la toucher sous peine d'être également électrocuté. Il faut immédiatement avoir le réflexe de couper la tension. S'il y a un interrupteur principal, coupez-le immédiatement, sinon allez à l'interrupteur général de la maison (tableau électrique) et coupez le courant. Après avoir coupé le courant, la personne électrocutée

- sera peut-être consciente, dans ce cas un examen médical est fortement recommandé
- sera inconsciente, il faut alors faire appel au service de secours (FORMEZ LE 100) qui va la réanimer. Dans des secteurs tels que l'administration, l'industrie, les écoles,... il existe des secouristes qui peuvent donner les premiers soins, n'hésitez pas à faire appel à eux.

Rappelez-vous que :

- jusqu'à 24V, il n'y a pas de grand danger d'électrocution,
- entre 100 et 400 V, on peut ressentir des picotements, on peut rester "coller" et on peut avoir des brûlures au second degré
- au-delà de 400 V, les conséquences de l'électrocution sont beaucoup plus graves et l'électrocution peut entraîner la mort !

Ordre, propreté et sécurité

Le radio amateurisme est un hobby qui nécessite l'utilisation d'un grand nombre de câbles. Lorsque vous allez progresser dans le hobby, vous aurez de plus en plus de câbles d'antennes, des câbles d'alimentation, des câbles d'interconnexion et des câbles de mesures et de tests. Des câbles qui traînent sont des risques de chute. En marchant dessus on peut abîmer l'isolant et, s'ils sont sous tension, on risque l'électrocution.

Il est donc vivement conseillé de bien aligner, d'attacher et de séparer, les câbles RF, les câbles secteurs, les câbles informatiques et les câbles du téléphone. Il existe des gaines en plastique spécialement faites pour mettre de l'ordre dans vos câbles. Séparer ces groupes de câbles va contribuer à l'immunité et à la CEM.

Ne faites pas passer des câbles sous les portes ou sous les tapis ! Il est évident que des outils, des couteaux, peuvent causer des accidents, des coupures, des brûlures et endommager les isolants. Il faut donc ranger les outils dans des tiroirs ou dans des valises ou boîtes à outils.

Les fers à souder peuvent produire des brûlures non seulement sur la table où ils sont utilisés, mais aussi sur la peau. De plus, il faut éviter que des gouttelettes de soudure en fusion ne tombent sur la peau où a fortiori dans les yeux.

Les batteries de voitures peuvent s'avérer des sources intéressantes pour fournir du 12 V. Mais elles utilisent une solution d'acide sulfurique et dégagent de l'hydrogène pendant la charge. L'acide sulfurique peut brûler la peau et faire des trous dans les vêtements! L'hydrogène explose au contact d'une étincelle! Il faut donc être extrêmement prudent lorsqu'on les utilise. C'est pourquoi, lors d'usage à l'intérieur d'un local, il faut toujours choisir des batteries hermétiques qui utilisent du gel au lieu de l'acide sulfurique liquide.

Si vous utilisez un casque, n'oubliez pas de réduire le volume. Un volume sonore trop important peut nuire à vos facultés auditives. Un casque vous isole de l'entourage, n'oubliez donc pas de l'enlever de temps à autre.

Travail aux antennes et feeders

Travailler aux antennes signifie souvent travailler en hauteur et donc avec des échelles. Avant de commencer, pensez à toutes les précautions à prendre. Ne faites pas ce travail seul. Une personne peut vous aider à stabiliser l'antenne, peut vous passer des objets (mâts, fils, outils,...).

Gardez l'antenne bien dégagée, en dehors de la portée des gens. S'il est possible de toucher l'antenne, prévoyez un signe de danger. Une brûlure due à la HF est indolore dans les premiers instants, puis devient rapidement très douloureuse. De plus, il faut beaucoup de temps pour la guérir. Disposez correctement tous les fils placés en hauteur. Examinez les conséquences possibles d'une rupture de fils, prévoyez les zones de chutes et les dégâts qui pourraient en découler. La prise au vent dans les antennes peut être beaucoup plus importante que vous ne l'imaginez. Prévoyez les antennes, les diamètres des fils et les câbles de haubanage en conséquence. Les antennes qui sont placées en hauteur sont également sujettes aux coups de foudre. Un coup de foudre engendre un courant très important à travers l'antenne et dans la ligne de transmission et ira se perdre vers la terre en passant par le transceiver et l'alimentation. Il faudra donc mettre les mâts à la terre. Il est aussi recommandé de déconnecter les antennes en cas d'orage et de prévoir une distance d'au moins 50 cm entre le connecteur et une pièce métallique quelconque.

Annexe : Plan de fréquences

1. Bandes décamétriques ou bandes HF

160 m	1810 – 1838	200	télégraphie
	1838 – 1840	500	digimode sauf packet, télégraphie
	1840 – 1843	2700	digimode sauf packet, phonie, télégraphie
	1843 – 1875	2700	phonie, Télégraphie

80 m	3500 – 3510	200	intercontinental dx télégraphie
	3500 – 3560	200	télégraphie, avec préférence pour les concours
	3560 – 3580	200	télégraphie
	3580 – 3590	500	digimode, télégraphie
	3590 – 3600	500	digimode (packet preferred), télégraphie
	3600 – 3620	2700	phonie, digimode, télégraphie
	3600 – 3650	2700	phonie, avec préférence pour les concours, télégraphie
	3650 – 3700	2700	phonie, télégraphie
	3700 – 3800		phonie, de préférence pour les concours, télégraphie
	3760	2700	fréquence pour communication d'urgence
	3775 – 3800	2700	intercontinental dx phonie, télégraphie

40 m	7000 – 7035	200	télégraphie
	7035 – 7040	500	digimode sauf packet (*), SSTV, FAX, télégraphie
	7040 – 7045	2700	digimode sauf packet (*), SSTV, FAX, phonie, télégraphie
	7045 – 7200	2700	phonie, télégraphie

30 m	10100 - 10140	200	télégraphie
	10140 - 10150	500	digimode sauf packet, télégraphie

20 m	14000 – 14070	200	télégraphie
	14070 - 14089	500	digimode, télégraphie
	14089 - 14099	500	digimode (de préférence packet non automatique), télégraphie
	14099 - 14101		IBP : balises internationales
	14101 - 14112	2700	digimode (de préférence store-and-forward), phonie, télégraphie
	14112 - 14125	2700	phonie, télégraphie
	14125 - 14300	2700	phonie, avec préférence pour les concours, télégraphie
	14230	2700	fréquence d'appel SSTV & FAX
	14300 - 14350	2700	phonie, télégraphie

Bandes décamétriques ou bandes HF

17 m	18068 – 18095	200	télégraphie
	18095 - 18109	500	digimode, télégraphie
	18109 - 18111		IBP : balises internationales
	18111 - 18168	2700	phonie, télégraphie

15 m	21000 - 21070	200	télégraphie
	21070 - 21110	500	digi mode, télégraphie
	21110 - 21120	2700	digimode (de préférence packet), télégraphie
	21120 - 21149	500	télégraphie
	21149 - 21151		IBP : balises internationales
	21151 - 21450	2700	phonie, télégraphie
	21340	2700	fréquence d'appel SSTV & FAX

12 m	24890 – 24915	200	télégraphie
	24915 - 24929	500	digimode, télégraphie
	24929 – 24931		IBP : balises internationales
	24931 - 24990	2700	phonie, télégraphie

10 m (*)	28000 - 28070	200	télégraphie
	28070 - 28190	500	digi mode, télégraphie
	28190 - 28225		IBP : balises internationales
	28225 - 28320	2700	Balises et digi mode
	28320 - 29200	2700	tous modes
	29300 - 29510		downlink satellite
	29520 - 29550	6000	simplex FM
	29560- 29590	6000	entrée des relais (FM) (espacement de 10 kHz)
	29600	6000	fréquence d'appel (FM)
	29610-29650	6000	simplex (FM)
	29660 - 29700	6000	sortie des relais FM (espacement de 10 kHz)

Fréquences particulières

	fréquences préférées pour les CONTESTS		RTTY (télétype)	SSTV/FAX	IOTA Islands OnThe Air		JOTA Jamboree On The Air	
	CW	PHONE			CW	PHONE	CW	PHONE
80 m	3510-3560	3600-3650 3700-3775	3590 +/- 10		3530	3755	3590	3740
40 m	7000-7035	7045-7100	7040 +/- 5		7030	7055	7030	7090
30 m					10115			
20 m	14000-14060	14125-14300	14090 +/- 10	14230	14040	14260	14070	14290
17 m					18098	18128	18080	18140
15 m	21000-21150	21150-21350	21090 +/- 10	21340	21040	21260	21140	21360
12 m						24950	24910	24990
10 m	28000-28190	28300-28700	28090 +/- 10	28680	28040	28460	28190	28390

Bandes VHF et UHF

6m (50 – 52 MHz)	50.000 à 50.100	télégraphie (CW) 50.020 à 50.080 = balises
	50.100 à 50.500	tous les modes bande étroite (SSB, AM, RTTY, télégraphie, ...) 50.110 = appel DX 50.150 = centre d'activité SSB
	50.500 à 52.000	tous modes 50.510 = SSTV 50.600 = RTTY 50.620 à 50.750 = communications numériques 51.210 à 51.390 = entrée des relais (10 kHz) 51.510 = fréquence d'appel en FM 51.810 à 51.990 = sortie des relais

Bandes VHF et UHF

2 m (144- 146 MHz)	144.000 à 144.035	EME (liaison Terre-Lune-Terre) CW
	144.035 à 144.150	télégraphie (CW)
	144.150 à 144.400	phonie BLU (SSB) 144.300 = fréquence d'appel BLU (SSB)
	144.400 à 144.500	balises
	144.500 à 144.800	tous modes 144,500 = appel SSTV 144,600 = appel RTTY 144,700 = appel FAX
	144,800 à 144,990	modes numériques (canaux espacés de 12,5 kHz)
	145.000 à 145.1875	fréquences d' entrée des relais (canaux espacés de 12,5 kHz)
	145.200 à 145.6875	canaux simplex FM (canaux espacés de 12,5 kHz) 145,500 = appel FM
	145.600 à 145.7875	fréquences de sortie des relais (canaux espacés de 12,5 kHz)
	145.800 à 146.000	service amateur par satellites

70 cm (430 – 440 MHz)	430.000 à 431.981	430.025 à 430.375 = sortie des relais (canaux de 12,5 kHz) 430.400 à 430.575 = communications numériques (liens) 430.600 à 430.925 = relais communications numériques 431.625 à 431.975 = entrées des relais (canaux de 12,5 kHz)
	432.000 à 432.150	télégraphie 432.000 à 432.025 réservé à l'EME (liaison Terre-Lune-Terre) 432.050 = centre d'activité TÉLÉGRAPHIE
	432.150 à 432.500	phonie et télégraphie 432.200 = centre d'activité SSB 432.500 = SSTV (bande étroite)
	432.500 à 432.800	432.600 = appel RTTY 432.700 = appel FAX
	432.800 à 432.990	balises
	433.394 à 433.581	433.400 = SSTV (FM) 433.500 = fréquence d'appel en FM
	433.600 à 434.000	tous modes 433.600 = RTTY (FM)
	434.000 à 440.000	ATV (vidéo = 434.250 , son = 439.750) 435 à 438.000 = Service Amateur par Satellites 438.025 à 438.525 = communications numériques 439.800 à 439.975 = communications numériques (liens)

Fréquences d'appel en VHF/UHF

	en SSB
6 m	50,110 MHz et 50,150 MHz
2 m	144,300 MHz
70 cm	432,200 MHz

	en FM
6 m	50,510 MHz
2 m	145,500 MHz
70 cm	433,500 MHz

Alphabet RST, abréviations et codes

L'alphabet phonétique

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

Rapport R S T

R "Readability" Compréhensibilité	
1	illisible
2	à peine lisible
3	lisible avec difficulté
4	lisible
5	parfaitement lisible

S "Signal Strength" Force du signal	
1	trop faible
2	très faible
3	faible
4	médiocre
5	moyenne
6	bonne
7	assez forte
8	forte
9	très forte

T "Tone" Tonalité	
1	ronflement
2	
3	rude
4	
5	gazouillement
6	
7	faible bruit
8	
9	note pure

Abréviations

CQ	appel général
CW	télégraphie (Morse)
K	invitation à transmettre
MSG	message
PSE	s'il vous plait
R	reçu
RX	récepteur
TX	émetteur

Code Q

QRM	être brouillé
QRN	brouillé par parasites atmosphériques
QRO	augmenter la puissance
QRP	diminuer la puissance
QRT	cesser la transmission
QRV	être prêt
QRX	interrompre les émissions
QRZ	qui appelle ?
QSO	communication
QSY	changer de fréquence
QTH	lieu où se trouve la station

Modes d'émissions

J3E ou SSB	modulation phonie à bande latérale unique (LSB et USB)
F3E ou FM	modulation de fréquence
A1A ou CW	télégraphie Morse
A3E ou AM	modulation d'amplitude

Connaissances techniques de base

Puissances, rapports de puissance et décibels (dB) - voir aussi Technique § 4.1 L'unité d'énergie est le **joule**, dont le symbole est J.

L'énergie est notée E et est aussi exprimée en **wattheures** (Wh), avec la relation suivante : 1 Wh = 3600 J

La **puissance** est notée P et est l'énergie mise en jeu par unité de temps (noté t), c'est-à-dire par seconde.

L'unité de puissance est le **watt** que l'on note W. On a la relation : $P = E / t$ ou encore $E = P \times t$ avec P la puissance en watts, E l'énergie en joules et t le temps en secondes.

Le **décibel** (dB) est une unité permettant d'exprimer un rapport entre deux grandeurs de même nature. Pour la partie 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

Exemple : un amplificateur a un gain de 6 dB. Sa puissance d'entrée est de 15 W. Quelle est sa puissance de sortie? Réponse : 6 dB correspondent à un rapport de 4. Pour une puissance d'entrée de 15 W, la puissance de sortie sera de : Puissance d'entrée x Rapport = 15 x 4 = 60 W.

Un amplificateur ayant un gain de 6 dB multiplie par 4 la puissance présente à son entrée. Un gain de 0 dB signifie que le signal de sortie a la même puissance que le signal d'entrée (aucune amplification). Les décibels, lorsqu'ils sont négatifs, indiquent des pertes : une perte de 6 dB est notée -6 dB et la puissance est divisée par 4 à la sortie d'un tel circuit atténuateur. Les gains successifs s'additionnent et les pertes successives se soustraient (voir le 1er exemple du § R-5.3). Les décibels expriment des niveaux relatifs : le gain d'une antenne se définit par rapport à une antenne de référence (le doublet par exemple). Dans ce cas, la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable est supérieure à la même puissance dans l'antenne de référence.

Le **rendement** détermine la qualité du transfert de puissance. Le rendement, exprimé en % et toujours inférieur à 100%, est le rapport obtenu en divisant la puissance utile (puissance émise) par la puissance consommée totale. **Rendement (%) = (Puissance utile x 100) / Puissance consommée**

Exemple : un émetteur consomme 120 watts. Sa puissance de sortie est 80 watts. Quel est son rendement ?

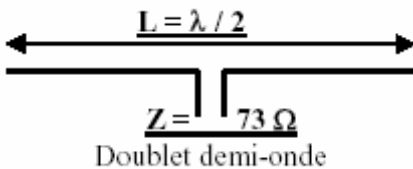
Réponse : Rendement = (Puissance utile x 100) / Puissance consommée = (80 x 100) / 120 = 8000 / 120 = 66,7% La puissance consommée mais non émise est dissipée (perdue en chaleur) et est égale à 40 W (= 120 - 80). En modulation d'amplitude (AM) comme en BLU, la puissance d'émission varie au cours du temps. 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** (ou PEP, Peak Envelope Power en anglais)

Types et caractéristiques des antennes - voir aussi Technique § 9.4 à 9.10 La **longueur d'onde** (mesurée en mètres et notée λ lettre grecque minuscule lambda) 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. La **fréquence** (notée F est mesurée en hertz, Hz) est le nombre de période du signal par seconde. La fréquence peut aussi être donnée dans un multiple du hertz : 1 kHz (kilohertz) = 1000 Hz, 1 MHz (mégahertz) = 1000 kHz, 1

GHz (gigahertz) = 1000 MHz. Pour transformer une fréquence donnée en MHz en longueur d'onde donnée en mètres ou inversement, les formules suivantes seront utilisées :

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

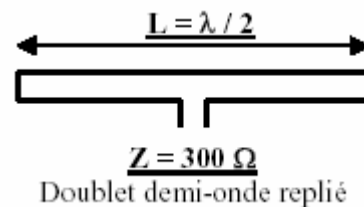
Exemples : Quelle est la longueur d'onde de la fréquence 144 MHz? Réponse : $300 / 144 = 2,083$ mètres A quelle fréquence correspond la longueur d'onde 14,2 mètres? Réponse : $300 / 14,2 = 21,1$ MHz Quelle est la fréquence d'une longueur d'onde de 3 cm? $3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$; $300 / 0,03 = 10.000 \text{ MHz} = 10 \text{ GHz}$



L'antenne doublet demi onde (ou dipôle) est l'antenne de base. Elle est constituée d'un fil d'une longueur égale à une demi longueur d'onde alimenté en son milieu. Ainsi, chaque brin mesure un quart d'onde ($= \lambda / 4$). L'antenne idéale est isolée dans l'espace ou dans l'air, loin de toutes masses et de la Terre. **L'impédance** (notée Z est donnée en Ω , ohms ; Ω lettre grecque oméga majuscule)

Au point d'alimentation l'impédance varie en fonction de l'angle que forment les brins : s'ils sont alignés, l'impédance est de 73Ω ; s'ils forment un angle de 120° , $Z = 52 \Omega$; s'ils forment un angle droit (90°), $Z = 36 \Omega$

Dans une **antenne doublet demi onde replié** (aussi appelée trombone), les extrémités libres du dipôle sont reliées par un fil parallèle et proche du doublet si bien que la longueur totale du fil est égale à une longueur d'onde. Cette antenne a une impédance d'environ 300Ω au point d'alimentation lorsqu'il est placé au milieu de l'antenne.

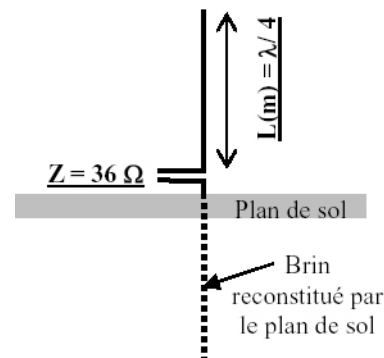


Exemple : un dipôle mesure 7,04 mètres de long. Sur quelle fréquence (en MHz) résonne-t-il ?

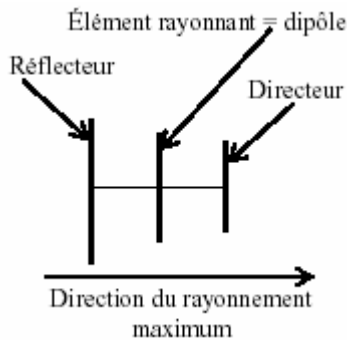
Réponse : l'antenne résonne sur une longueur d'onde de $7,04 \times 2 = 14,08 \text{ m}$, soit $300 / 14,08 = 21,3 \text{ MHz}$

L'antenne quart d'onde verticale (GP, Ground Plane en anglais) est constituée d'une moitié de dipôle et nécessite un **plan de sol** (radiants fixés à la base de l'antenne) ou une **masse** (la terre ou la carrosserie d'un véhicule) afin de reconstituer électriquement le deuxième brin de l'antenne. L'impédance de cette antenne est de 36Ω si le plan de sol ou la masse est perpendiculaire au brin rayonnant (schéma ci-contre). Si les radiants (ou la masse) forment un angle de 120° avec le brin rayonnant, l'impédance de cette antenne est de 52Ω . *Un brin plus court que le quart d'onde peut être utilisé, mais il faut dans ce cas rallonger artificiellement l'antenne grâce à une bobine (habituellement positionnée à la base du brin ou au milieu de celui-ci) ou par une*

capacité terminale. Le quart d'onde raccourci présente une impédance plus faible à la résonance.

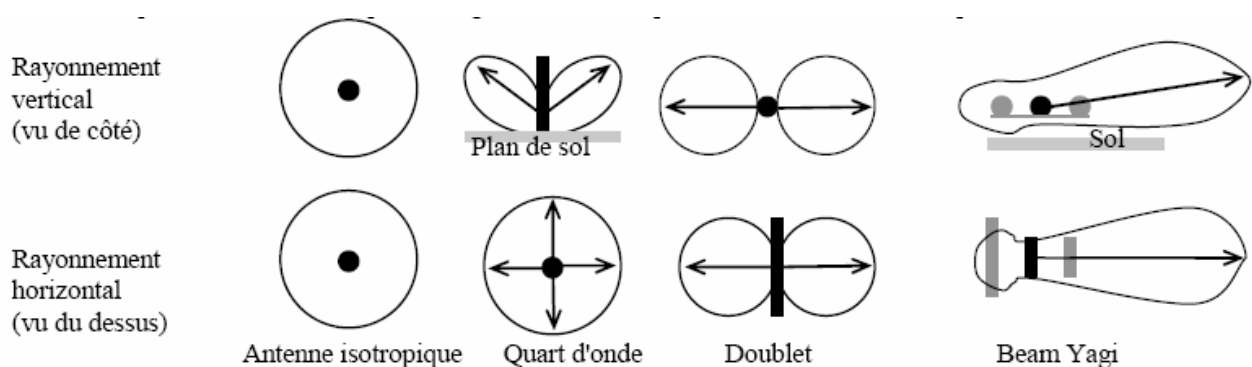


Exemple : Quelle est la longueur (en centimètres) d'une antenne quart d'onde fonctionnant sur 144 MHz? Réponse : la longueur d'onde de la fréquence 144 MHz est: $300 / 144 = 2,083$ m. L'antenne quart d'onde fonctionnant sur cette fréquence aura pour longueur : $2,083 \text{ m} / 4 = 0,52 \text{ m} = 52 \text{ cm}$ Dans la pratique, la longueur théorique calculée d'une antenne est diminuée d'environ 5% pour tenir compte des capacités par rapport au sol. Dans l'exemple ci-dessus, l'antenne quart d'onde mesurera: $52 \text{ cm} \times 95\% = 49,4 \text{ cm}$. Ce coefficient de raccourcissement est aussi valable dans le cas du dipôle. De plus, l'impédance de l'antenne, donnée ici en espace libre, varie en fonction du sol (proximité et qualité) et de son environnement immédiat (élément métallique, bâtiment, arbre, ...).



Antenne Yagi ou Beam : l'antenne doublet est l'antenne de base. Son **diagramme de rayonnement** ressemble à un tore rond traversé par le brin de l'antenne. Le rayonnement est maximum perpendiculairement aux brins. Il est nul dans le prolongement des brins. Si les deux brins ne sont pas alignés ou si le sol est trop près de l'antenne, le diagramme de rayonnement se déforme. En ajoutant des éléments près du brin, le lobe principal est déformé et l'énergie est concentrée dans une direction. Les **éléments directeurs** sont plus courts que le brin rayonnant, les **éléments réflecteurs** sont plus longs. Lorsque le nombre d'éléments augmente sur ce type d'antenne, son gain (son effet directif) augmente et l'impédance du brin rayonnant diminue. Le gain obtenu par l'antenne dépend à la fois du nombre d'éléments et de la distance entre ces éléments.

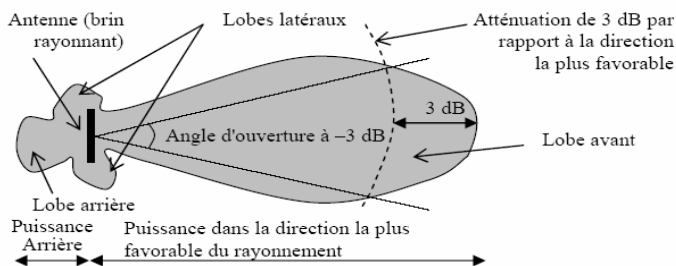
Le gain d'une antenne se mesure dans la direction maximum de rayonnement. Le gain se calcule en dB par rapport à l'antenne doublet (dBd) ou par rapport à l'**antenne isotropique** (dBiso). Celle-ci est une antenne idéale : un point qui rayonne et dont le lobe de rayonnement est une sphère. Le doublet a un gain de 2,14 dB par rapport à l'antenne isotropique. Les lobes de rayonnement se représentent dans le plan vertical (on fait une « coupe » du diagramme de rayonnement selon l'axe du rayonnement maximum) ou horizontal (le diagramme de rayonnement est représenté comme si on était au-dessus de l'antenne). Les diagrammes de rayonnement se représentent aussi par des volumes. Les volumes de chacun des diagrammes de rayonnement représentés ci-dessous doivent être égaux car le volume représente la puissance émise qui est répartie différemment selon le type d'antennes. Dans les diagrammes ci-dessous, le plan de sol, les éléments parasites et le sol sont représentés en gris. Les caractéristiques des antennes (impédance, gain) sont identiques à l'émission et à la réception.



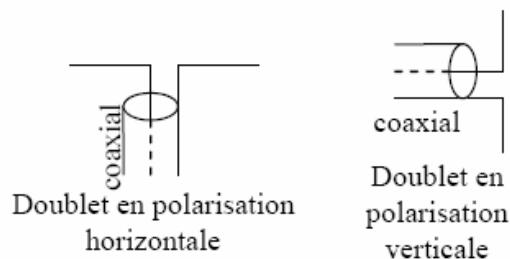
La puissance apparente rayonnée (P.A.R.) est la puissance d'alimentation de l'antenne multipliée par le rapport arithmétique correspondant au gain de l'antenne par rapport au doublet (il faut transformer les dBd en rapport).

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 (pour application avec des calculs, voir le 1er exemple du R-5.3). La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) prend pour référence l'antenne isotropique.

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. **Le gain avant / arrière** est le rapport, transformé en dB, obtenu en divisant la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable par la puissance rayonnée dans la direction opposée à 180°.

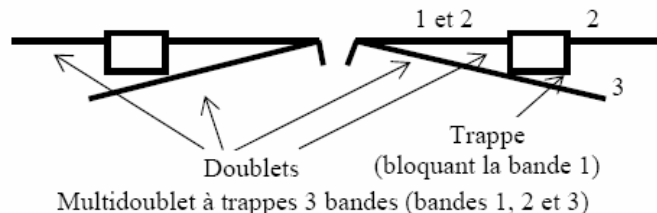


Polarisations : selon la position du brin rayonnant, l'onde rayonnée est polarisée verticalement ou horizontalement. Certaines configurations d'antennes permettent des polarisations circulaires (rotation Droite ou Gauche). La polarisation des antennes joue un rôle important dans la faisabilité d'une liaison, surtout au delà de 100 MHz. Il est important de ne pas confondre polarisation et directivité qui sont deux paramètres différents

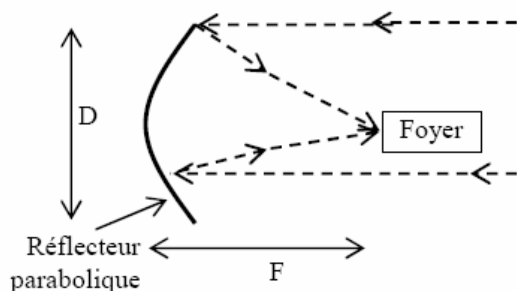


Multi doublet et Doublet avec trappes : une antenne doublet (ou dipôle) ne peut fonctionner que sur une fréquence (ou une bande de fréquences). En reliant plusieurs dipôles par leur centre, un multi doublet est obtenu. Il fonctionne sur autant de fréquences qu'il y a de doublets accordés. Pour éviter de multiplier le nombre de doublets, ce qui

complicite la mise au point, des antennes comportant des trappes sont utilisées.



Les trappes sont des circuits qui bloquent une bande de fréquences. Les brins situés après une trappe sont raccourcis artificiellement. Ces deux techniques peuvent évidemment être combinées comme ci-dessus.



Réflecteurs paraboliques : certaines antennes, utilisées dans les très hautes fréquences 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 distance entre le foyer et la parabole est appelée la focale (F). D étant le diamètre de la parabole, le rapport F/D détermine l'angle d'illumination de l'antenne située dans le foyer et la forme du réflecteur (plus ou moins concave).

Lignes de transmission. La **ligne de transmission** asymétrique (coaxial), symétrique (twin-lead ou « échelle à grenouille ») ou encore guide d'onde (utilisé dans les micro-ondes) est un dispositif utilisé pour **transférer l'énergie** de l'émetteur vers l'antenne ou de l'antenne vers le récepteur. Le transfert d'énergie (ou de puissance) est maximal lorsque la valeur absolue de la résistance de charge (en Ω ohms) d'un circuit est strictement égale à la valeur absolue de la résistance interne du générateur. *S'il y a un terme réactif (réactance ou capacitance), le transfert de puissance est maximal si les impédances (également en Ω) sont conjuguées, c'est-à-dire d'une valeur absolue égale et de signe contraire. Un émetteur présentant une impédance de sortie 50Ω délivrera toute sa puissance s'il est relié à une charge résistive (une antenne accordée, par exemple) de 50Ω .*

L'une des propriétés de la ligne de transmission est sa perte exprimée en décibels par mètre de longueur (dB/m). Cette perte est appelée **affaiblissement linéique** car elle est proportionnelle à la longueur du câble. L'affaiblissement est donné par le constructeur du câble pour une fréquence et augmente avec cette dernière.

Exemple : soit un câble de 50 mètres ayant une perte de 0,04 dB/m, quel est l'affaiblissement de ce câble?

Réponse : perte dans le câble = longueur du câble x affaiblissement linéique = 50 m x 0,04 dB/m = 2 dB

Si ce morceau de câble alimente une antenne dont le gain est de 8 dB, le gain de l'ensemble sera de 6 dB (gain de l'antenne de 8 dB – perte dans le câble de 2 dB : 8 – 2 = 6)

Enfin, si cet ensemble (câble + antenne) est alimenté par une puissance de 50 W, la puissance apparente rayonnée de l'antenne sera de 200 W (6 dB correspondent à un rapport de 4, voir § R-5.1 : $50 \times 4 = 200$).

Notez que ce genre de question est fréquent. Toutefois, la question ne pourra pas porter sur le calcul de la puissance à la sortie du câble puisque -2 dB n'est pas un des 9 rapports en puissance à connaître. En revanche, le calcul de la PAR peut être demandé puisque le rapport de puissance correspondant à 6 dB doit être connu.

L'impédance caractéristique d'une ligne est fonction de ses dimensions et du matériau utilisé pour le diélectrique (isolant). L'impédance est notée Z_0 , est donnée en Ω et n'a aucun rapport avec l'affaiblissement linéique. Si un signal provenant d'un générateur alternatif est appliqué à l'entrée d'une ligne de transmission, le même signal (même amplitude et même phase) se retrouvera sur ses bornes de sortie (pertes déduites) à condition que cette sortie soit bouclée sur une charge résistive ayant la même valeur que l'impédance caractéristique.

TOS et désadaptation : lorsque l'impédance de la ligne de transmission n'est pas la même que celle de la charge (l'antenne, par exemple), le transfert d'énergie n'est pas optimal: il apparaît des ondes stationnaires sur la ligne et une partie de l'énergie émise retourne à l'émetteur. Cette désadaptation se mesure à partir du Taux d'Ondes Stationnaires (TOS) qui est le rapport, en %, obtenu en divisant 100 fois la puissance réfléchie par la puissance émise (appelée aussi puissance incidente), ces deux valeurs étant exprimées en watts :

$$\text{TOS (\%)} = (\text{Préfléchie (W)} \times 100) / \text{Pémise (W)}$$

Exemple : A l'entrée d'un câble, on mesure une puissance incidente de 20 W et une puissance réfléchie de 2 W. Quel est le TOS présent dans le câble ?

Réponse : $\text{TOS (\%)} = (\text{Préfléchie (W)} \times 100) / \text{Pémise (ou incidente) (W)} = (2 \times 100) / 20 = 200 / 20 = 10 \%$

Cette désadaptation se mesure aussi par le Rapport d'Ondes Stationnaires (ROS). Ce nombre est le rapport des impédances caractéristiques de la ligne (câble) et de la charge (antenne). Si ces deux impédances sont des résistances pures, le ROS est égal au rapport obtenu en divisant ces résistances (en Ω) calculé de telle manière que le rapport soit supérieur à 1, c'est-à-dire en mettant la valeur la plus forte au numérateur (en haut) :

$$ROS = Z \text{ plus forte } (\Omega) / Z \text{ plus faible } (\Omega)$$

Exemple : soit une antenne de 36 Ω alimentée par un câble de 50 Ω d'impédance, quel ROS mesure-t-on ?

Réponse : $ROS = Z \text{ plus forte} / Z \text{ plus faible} = 50 / 36 = 1,388 / 1 \approx 1,4 / 1$

Le ROS n'est pas explicitement au programme de l'examen: dans le texte, seul le TOS est cité. Mais, dans les faits, les questions portent plus fréquemment sur des calculs de ROS que sur des calculs de TOS. Par contre, la transformation du ROS en TOS ou inversement dépasse, le programme de l'examen.

L'adaptation entre l'émetteur et l'ensemble Ligne de transmission + Antenne peut s'obtenir grâce à une boîte de couplage (ou boîte d'accord d'antenne). L'adaptation entre une ligne de transmission asymétrique (coaxial) et une antenne symétrique (doublet) peut s'obtenir grâce à un transformateur monté d'une manière spécifique et appelé symétriseur ou encore balun (de l'anglais BALanced UNbalanced).

Brouillage et protections des équipements électroniques

Les installations radioamateurs sont souvent confrontées à ces problèmes vis à vis de leur voisinage. Une perturbation (émission ou susceptibilité) est **conduite** lorsqu'elle est véhiculée par l'intermédiaire des conducteurs (fils, câbles, pistes de circuits imprimés,...). Une perturbation est **rayonnée** lorsqu'elle se propage dans l'espace environnant par un champ électromagnétique.

Le filtrage de l'alimentation secteur doit être particulièrement soigné afin de ne pas perturber les autres appareils susceptibles d'être brouillés. Mais le secteur n'est pas la seule cause de brouillage. Les **blindages**, en particulier ceux des étages de puissances, devront être efficaces. Le métal va jouer un rôle de réflecteur pour le champ électromagnétique de haute fréquence. Des filtres passe-bas seront utilisés pour bloquer les **harmoniques indésirables** d'un émetteur et si, par exemple, des problèmes apparaissent lors de l'utilisation des VHF, des filtres passe-haut seront insérés dans la ligne coaxiale des téléviseurs pour prévenir les risques de perturbations en permettant aux fréquences plus élevées que la fréquence d'utilisation, correspondant à la bande Télévision, dépasser sans problèmes. A puissance égale, la FM est la classe d'émission qui provoque le moins de perturbations.

Dans les montages réalisés par les radioamateurs, les **découplages** seront particulièrement soignés car ils préviennent la "remontée" de la H.F. (Haute Fréquence) par la ligne d'alimentation. Le passage des lignes de transmission aux aériens sera aussi soigné. Ils sont souvent une source de brouillage quand ils sont parallèles à d'autres câbles (secteur, téléphone, TV, ...). Le défaut de masse de l'émetteur est quelquefois à l'origine des problèmes de brouillages.

Au niveau de la susceptibilité des appareils brouillés, **le brouillage peut provenir** soit de l'alimentation secteur, soit du circuit d'entrée dans le cas de récepteurs radioélectriques (T.V., Chaîne HI FI, ...), soit des circuits internes de l'appareil (étage de détection par exemple) par couplage ou rayonnement direct. A ce dernier stade, la susceptibilité sera d'autant plus difficile à être durcie.

Tout produit d'**inter modulation** est créé par un mélange de fréquences au niveau d'un étage (ou d'un composant) non linéaire aussi bien à la sortie d'un émetteur que sur l'entrée d'un récepteur. Les mélanges correspondent à la somme et la différence des fréquences fondamentales et de leurs

harmoniques. Soient A et B, deux fréquences utilisées ; à la sortie de l'étage défaillant, les fréquences $[A + B]$ et $[A - B]$ seront présentes mais aussi des mélanges comme $[(2 \times B) - A]$ et $[(2 \times A) - B]$, produit du troisième ordre, d'autant plus difficile à éliminer que A et B seront des fréquences voisines.

Lorsqu'un signal de fréquence voisine du signal que l'on veut recevoir est un signal puissant de forte amplitude, celui-ci va provoquer une surcharge de l'étage d'entrée du récepteur qui va alors manquer de linéarité (le signal à la sortie n'est plus proportionnel au signal d'entrée). Ce signal puissant, non désiré, va alors interférer avec le signal que l'on veut recevoir et moduler ce dernier. En conséquence, sera entendue non seulement la modulation du signal désiré mais également la nouvelle modulation : c'est l'effet de **transmodulation**.

Protection électrique

La **protection des personnes** doit toujours être présente à l'esprit. La Haute Fréquence, en particulier dans la gamme des SHF et EHF, peut être dangereuse (ne pas se mettre dans le champ d'une parabole en émission). De même, la tension présente dans l'antenne pendant l'émission peut être dangereuse.

La construction et l'entretien des aériens et des supports d'aériens (mâts et pylônes) doivent s'effectuer avec toutes les règles de **sécurité** (baudrier ou harnais, longe toujours attachée à une ligne de vie). La construction du matériel doit suivre des règles strictes car le courant électrique continu ou de basses fréquences (50 Hz) est d'autant plus dangereux que la tension est élevée. Il faut toujours prévoir des compartiments fermés et munis de systèmes de coupure de tension à l'ouverture afin d'éviter tous risques d'électrocution, en particulier sur les alimentations en **haute tension** nécessaires au fonctionnement des amplificateurs à tubes.

La couleur de la gaine des fils permet de repérer la nature du courant : jaune vert pour la terre, bleu pour le neutre et pour la phase (fil le plus dangereux) : rouge, marron ou noir. Les risques liés au courant électrique sont les **brûlures et l'électrocution** qui comprend plusieurs niveaux : la contraction locale des muscles, la contraction des muscles respiratoires avec risque d'asphyxie, la fibrillation du cœur qui peut entraîner un arrêt circulatoire.

Ces risques apparaissent lorsqu'une personne est en contact direct avec le fil de phase et le fil de neutre, de terre ou le sol, ou que cette personne, tout en étant en contact avec le sol, touche la carrosserie métallique d'un appareil présentant un défaut d'isolation de son circuit électrique (contact indirect).

Les **moyens de protection** sont la mise à la terre de toutes parties métalliques risquant d'être mise accidentellement à un potentiel dangereux. Il est interdit d'utiliser comme prise de terre les canalisations d'eau, de gaz ou de chauffage central. Au niveau de l'installation électrique, il est préférable d'utiliser des disjoncteurs différentiels (à la place de simples fusibles, même s'ils sont rapides). Il est préférable d'utiliser pour les rotors d'antennes ou les préamplificateurs installés près des antennes des tensions de sécurité inférieures à 25 volts.

La foudre est une décharge électrique qui se produit lorsque de l'électricité statique s'accumule entre des nuages ou entre des nuages orageux et la terre. Par temps orageux, une antenne peut accumuler des charges statiques et être le siège de courants induits lors de la production d'un éclair. La protection contre la foudre est aussi un élément à prendre en compte lors de l'installation d'antennes et de pylônes en particulier. La foudre cherchant toujours à passer par le chemin le plus court et le plus droit, le câble coaxial sera disposé de manière à faire des coudes, ce qui réduira le risque de foudroiement. En cas d'orage, il est prudent de cesser d'émettre et de débrancher les câbles de l'installation pour éviter que l'antenne ne se transforme en paratonnerre, ce pour quoi elle n'est pas prévue, ni le pylône qui la soutient.