

OnAirExam
onairexam.com

Cours de préparation à l'examen radioamateur

Certificat d'opérateur des services d'amateur (ANFR, classe HAREC) : réglementation et technique, selon le programme officiel de l'arrêté du 21 septembre 2000.

Auteur, contact et licence

Auteur : F4HWJ – Alexandre LE BRUN

Application gratuite : onairexam.com

Contact : contact@onairexam.com · www.qrz.com/db/F4HWJ

Ce cours est mis à disposition sous licence Creative Commons Attribution – Pas d'utilisation commerciale 4.0 International (CC BY-NC 4.0). Vous pouvez le copier, l'imprimer et l'utiliser librement, notamment pour la formation à la licence radioamateur dans les radio-clubs, à condition de citer son auteur (F4HWJ – Alexandre LE BRUN). Il ne peut pas être vendu. creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.fr

Sommaire

Réglementation

FR-R01 Classes d'émission
FR-R02 Bandes de fréquences HF
FR-R03 Bandes de fréquences VHF et au-delà
FR-R04 Statut des bandes
FR-R05 Puissances et classes autorisées
FR-R06 Conditions d'exploitation
FR-R07 Journal de bord
FR-R08 Obligations, sanctions et examen
FR-R09 Indicatifs français
FR-R10 Préfixes de la France, outre-mer et Corse

FR-R11 Préfixes des pays de la CEPT
FR-R12 Émettre à l'étranger : CEPT et accords
FR-R13 UIT : définitions, régions, détresse
FR-R14 Code Q : signification
FR-R15 Code Q : retrouver le bon code
FR-R16 Alphabet : les lettres
FR-R17 Alphabet : épeler un indicatif
FR-R18 Décibels et rapports de puissance
FR-R19 Brouillages et protection
FR-R20 Antennes et lignes de transmission

Technique

FR-T01 Loi d'Ohm et conductivité
FR-T02 Puissance, énergie et batteries
FR-T03 Lois des nœuds et des mailles
FR-T04 Générateurs, piles et batteries
FR-T05 Signaux, champs, ondes et traitement numérique
FR-T06 Décibels et gains
FR-T07 Résistances et code des couleurs
FR-T08 Groupements de résistances
FR-T09 Condensateurs et bobines
FR-T10 Réactances, facteur Q et transformateurs

FR-T11 Diodes, transistors, tubes et circuits numériques
FR-T12 Résonance et filtres
FR-T13 Alimentations
FR-T14 Amplificateurs, oscillateurs et PLL
FR-T15 Modulations et détection
FR-T16 Récepteurs : synoptiques et étages
FR-T17 Émetteurs : synoptiques et caractéristiques
FR-T18 Caractéristiques des récepteurs
FR-T19 Antennes, lignes et propagation
FR-T20 Mesures et appareils de mesure

Réglementation

FR-R01 Classes d'émission

Une classe d'émission décrit un signal en trois symboles : le **type de modulation** de la porteuse, la **nature du signal** qui la module, puis le **type d'information** transmise. Exemple : **J3E** = bande latérale unique à porteuse supprimée (J), une voie analogique (3), téléphonie (E).

Premier symbole : modulation de la porteuse

Symbole	Signification
N	Onde non modulée
A	Modulation d'amplitude, double bande latérale
H	Bande latérale unique, onde porteuse complète
R	Bande latérale unique, onde porteuse réduite ou de niveau variable
J	Bande latérale unique, onde porteuse supprimée
B	Bandes latérales indépendantes
C	Bande latérale résiduelle
F	Modulation de fréquence
G	Modulation de phase

Deuxième symbole : signal modulant

Symbole	Signification
0	Pas de signal modulant
1	Une seule voie numérique, sans sous-porteuse modulante
2	Une seule voie numérique, avec sous-porteuse modulante
3	Une seule voie analogique
7	Deux voies numériques ou plus
8	Deux voies analogiques ou plus
9	Système composite (voies numériques et analogiques)

Troisième symbole : information transmise

Symbole	Signification
N	Aucune information
A	Télégraphie pour réception auditive
B	Télégraphie pour réception automatique
C	Fac-similé
D	Transmission de données, télémessure, télécommande
E	Téléphonie

Symbole	Signification
F	Télévision
W	Combinaison des cas précédents

Classes courantes en radioamateur

Classe	Usage
A1A	Télégraphie Morse par tout ou rien
A3E	Téléphonie en modulation d'amplitude double bande
J3E	Téléphonie en BLU, porteuse supprimée
F3E	Téléphonie en modulation de fréquence
G3E	Téléphonie en modulation de phase
F1B	Télégraphie automatique en déplacement de fréquence
F3F, A3F, C3F	Télévision

Astuce : lisez toujours le troisième symbole en premier ; il dit ce qui est transmis (E = la voix, A = le Morse écouté à l'oreille).

Source : Règlement des radiocommunications de l'UIT (édition 2020), appendice 1.

FR-R02 Bandes de fréquences HF

En France métropolitaine (Région 1 de l'UIT), les bandes attribuées au service d'amateur sous 30 MHz sont fixées par la décision de l'ARCEP. On désigne souvent une bande par sa fréquence ou par sa longueur d'onde approximative.

Bande	Longueur d'onde	Limites
136 kHz	2 200 m	135,7 – 137,8 kHz
472 kHz	630 m	472 – 479 kHz
1,8 MHz	160 m	1 810 – 1 850 kHz
3,5 MHz	80 m	3 500 – 3 800 kHz
5 MHz	60 m	5 351,5 – 5 366,5 kHz
7 MHz	40 m	7 000 – 7 200 kHz
10 MHz	30 m	10 100 – 10 150 kHz
14 MHz	20 m	14 000 – 14 350 kHz
18 MHz	17 m	18 068 – 18 168 kHz
21 MHz	15 m	21 000 – 21 450 kHz
24 MHz	12 m	24 890 – 24 990 kHz
28 MHz	10 m	28,000 – 29,700 MHz



Les bandes HF : vert = primaire, orange = primaire partagé, gris = secondaire

Pour retenir

- La longueur d'onde vient de $\lambda = 300/F$ (λ en mètres, F en MHz) : $300 / 14 \approx 21$ m, d'où « bande des 20 m ».
- Les bandes 10, 18 et 24 MHz (les bandes « WARC ») sont étroites : 50 à 100 kHz.
- La bande des 60 m est la plus étroite : 15 kHz seulement.

Source : décision ARCEP n° 2012-1241 modifiée (2019), annexe.

FR-R03 Bandes de fréquences VHF et au-delà

Au-dessus de 30 MHz, les bandes attribuées au service d'amateur en France métropolitaine sont les suivantes.

Bande	Longueur d'onde	Limites
50 MHz	6 m	50 – 52 MHz
144 MHz	2 m	144 – 146 MHz
430 MHz	70 cm	430 – 440 MHz
1,2 GHz	23 cm	1 240 – 1 300 MHz
2,3 GHz	13 cm	2 300 – 2 450 MHz
5,7 GHz	6 cm	5 650 – 5 850 MHz
10 GHz	3 cm	10,00 – 10,50 GHz
24 GHz	1,2 cm	24,00 – 24,25 GHz
47 GHz	6 mm	47,0 – 47,2 GHz
76 GHz	4 mm	76,0 – 81,5 GHz
122 GHz	2,5 mm	122,25 – 123,00 GHz
134 GHz	2 mm	134 – 141 GHz
241 GHz	1,2 mm	241 – 250 GHz

Service d'amateur par satellite

Le service d'amateur par satellite dispose de ses propres portions de bandes, parfois avec un sens imposé.

Bande	Statut	Sens
7 000 – 7 100 kHz, 14 000 – 14 250 kHz, 18 068 – 18 168 kHz, 21 000 – 21 450 kHz, 24 890 – 24 990 kHz, 28,000 – 29,700 MHz	Primaire	—
144 – 146 MHz	Primaire	—
435 – 438 MHz	Secondaire	Terre vers espace
1 240 – 1 300 MHz, 2 400 – 2 450 MHz	Secondaire	—
5 650 – 5 725 MHz	Secondaire	Terre vers espace
5 830 – 5 850 MHz	Secondaire	Espace vers Terre
10,45 – 10,50 GHz	Secondaire, primaire selon le tableau national	—

La bande 10 MHz n'est pas ouverte au service d'amateur par satellite.

Source : décision ARCEP n° 2012-1241 modifiée (2019), annexe, § 1 et 2.

FR-R04 Statut des bandes

Chaque bande est attribuée au service d'amateur avec un **statut**, qui dit comment il partage la bande avec les autres services.

Code ARCEP	Statut	Ce que cela implique
A	Primaire	Le service d'amateur est prioritaire.
B	Primaire, à égalité de droits	Partage avec d'autres services primaires, selon le principe d'égalité des droits (RR, art. 4.8).
C	Secondaire	Ne pas causer de brouillage préjudiciable aux services primaires, et ne pas réclamer de protection contre leurs brouillages.
D	Secondaire au sens du RR, primaire selon le tableau national	Ne pas brouiller les stations étrangères d'un service primaire.



Statut des bandes HF en un coup d'œil

Statut de chaque bande

Bande	Statut
135,7 – 137,8 kHz	C
472 – 479 kHz	C
1 810 – 1 850 kHz	A
3 500 – 3 800 kHz	B
5 351,5 – 5 366,5 kHz	C
7 000 – 7 200 kHz	A
10 100 – 10 150 kHz	C
14 000 – 14 350 kHz	A
18 068 – 18 168 kHz	A
21 000 – 21 450 kHz	A

Bande	Statut
24 890 – 24 990 kHz	A
28,000 – 29,700 MHz	A
50 – 52 MHz	C
144 – 146 MHz	A
430 – 434 MHz	C
434 – 440 MHz	B
1 240 – 1 300 MHz	C
2 300 – 2 450 MHz	C
5 650 – 5 850 MHz	C
10,00 – 10,45 GHz	C
10,45 – 10,50 GHz	D
24,00 – 24,05 GHz	A
24,05 – 24,25 GHz	C
47,0 – 47,2 GHz	A
76,0 – 77,5 GHz	C
77,5 – 78,0 GHz	A
78,0 – 81,5 GHz	C
122,25 – 123,00 GHz	C
134 – 136 GHz	A
136 – 141 GHz	C
241 – 248 GHz	C
248 – 250 GHz	A

À retenir : les bandes « historiques » (160, 40, 20, 17, 15, 12, 10 et 2 m) sont primaires ; les bandes 136 kHz, 472 kHz, 60 m, 30 m et 6 m sont secondaires ; 80 m et le haut de 70 cm sont partagés à égalité de droits.

Source : décision ARCEP n° 2012-1241 modifiée (2019), annexe.

FR-R05 Puissances et classes autorisées

Puissance maximale

Bandes	Puissance maximale
135,7 – 137,8 kHz et 472 – 479 kHz	1 W PIRE
5 351,5 – 5 366,5 kHz	15 W PIRE
Autres bandes sous 28 MHz	500 W crête
28,000 – 29,700 MHz	250 W crête
50 MHz et au-dessus	120 W crête

- La **puissance en crête** est mesurée à la sortie de l'émetteur (RR, art. 1.157) : c'est la puissance moyenne pendant un cycle HF, au maximum de l'enveloppe de modulation (PEP).
- Sur 136 kHz, 472 kHz et 5 MHz, la limite est une **PIRE** : elle tient compte du gain de l'antenne.
- La puissance maximale est fixée par chaque administration (RR, art. 25.7).

Ancien certificat de classe 3

Les titulaires de l'ancien certificat de classe 3 n'ont droit qu'à la bande **144 – 146 MHz**, avec **10 W crête**, et aux classes d'émission **A1A, A2A, A3E, G3E, J3E et F3E**.

Source : décision ARCEP n° 2012-1241 modifiée (2019), annexe et § 3 ; RR de l'UIT, note 5.133B.

FR-R06 Conditions d'exploitation

Ce qu'on peut transmettre

- Uniquement des communications en rapport avec l'objet du service d'amateur et des remarques d'un caractère purement personnel.
- Il est **interdit de coder** les transmissions pour en cacher le sens, sauf les signaux de télécommande des satellites amateurs.
- Messages pour des **tiers non radioamateurs** : seulement en situation d'urgence ou pour les secours en cas de catastrophe.

Identification

L'indicatif est transmis à de courts intervalles, et au moins :

1. au début et à la fin de chaque période d'émission ;
2. toutes les **15 minutes** pendant une émission de plus de 15 minutes sur une même fréquence ;
3. au début de toute période d'émission sur une nouvelle fréquence.

Largeur de bande occupée maximale

Fréquences	Largeur maximale
Sous 28 MHz	6 kHz
De 28 à 144 MHz	12 kHz
De 144 à 225 MHz	20 kHz

La classe d'émission doit réduire le plus possible la largeur de bande occupée (RR, art. 15.9).

Règles pratiques

- Avant d'émettre, s'assurer qu'on ne brouille pas des émissions déjà en cours.
- Ne pas utiliser la même fréquence en permanence.
- Disposer d'un **indicateur de puissance**.
- Les stations automatiques (relais, balises) doivent pouvoir être arrêtées immédiatement par télécommande.
- L'utilisation des fréquences n'est pas soumise à autorisation individuelle, à condition de respecter ces règles.
- Respecter les niveaux de rayonnements non essentiels de l'appendice 3 du RR et l'exposition du public (décret n° 2002-775).
- À bord d'un aéronef (avion, ballon-sonde) : obtenir aussi les autorisations de l'aviation civile.

Entre pays différents (RR, article 25)

- Les liaisons entre stations de pays différents sont autorisées, sauf opposition notifiée par l'un des pays.
- Chaque administration décide si le Morse est exigé et fixe la puissance maximale.
- Un pays peut autoriser un radioamateur étranger de passage, aux conditions qu'il fixe.

Source : décision ARCEP n° 2012-1241 modifiée, art. 1 à 5 et annexe ; RR de l'UIT, art. 1.61, 15.9, 25.

FR-R07 Journal de bord

Le titulaire de l'indicatif d'une station consigne l'activité de sa station dans un journal de bord.

Mentions obligatoires

- la date et l'heure de chaque communication ;
- les indicatifs de l'utilisateur et des correspondants ;
- la fréquence utilisée ;
- la classe d'émission ;
- le lieu d'émission.

Ne sont pas exigés : la puissance, le report, le nom du correspondant, le matériel.

Conservation et contrôle

- Le journal est conservé **au moins un an** après la dernière inscription.
- Il est présenté à toute requête des autorités chargées du contrôle.

Source : décision ARCEP n° 2012-1241 modifiée, art. 6.

FR-R08 Obligations, sanctions et examen

Certificat et indicatif

- Manœuvrer une installation sur les fréquences d'amateur exige un **certificat d'opérateur** et un **indicatif personnel** (arrêté, art. 1).
- Le certificat actuel équivaut à l'ancienne classe 2 et à la classe **HAREC** de la recommandation CEPT T/R 61-02 (art. 3).
- Il comporte son titre traduit en anglais et en allemand (art. 6).
- L'indicatif est attribué pour l'année calendaire, puis reconduit tacitement, à partir de l'adresse et de la position de la station déclarée. Il reste la **propriété de l'État** et n'est pas transmissible (art. 7).
- Toute modification se signale à l'administration dans un délai de **2 mois**.
- Les indicatifs à suffixe de deux lettres devenus disponibles ne sont pas réattribués, sauf nécessité constatée.

Déclaration de la station

Toute station dont la **PAR dépasse 5 W** est déclarée à l'ANFR, dans les **2 mois** suivant son installation : coordonnées WGS 84 et PAR maximale en HF, VHF, UHF et SHF.

Suspension, révocation, annuaire

- En cas de manquement : suspension jusqu'à **3 ans**, ou révocation sans possibilité d'obtenir un nouvel indicatif personnel. La décision est motivée, proportionnée et prise après une procédure contradictoire (art. 7-3).
- Suspension volontaire : jusqu'à **10 ans**, sur demande à l'ANFR (art. 7-4). Au-delà de 10 ans de suspension, l'indicatif peut être réattribué ou supprimé.
- L'annuaire officiel est géré et publié par l'ANFR. Un radioamateur peut s'opposer à la publication de ses données : seul son indicatif apparaît alors, et il figure sur la « liste orange » (art. 7-5).

Sanctions pénales et police

- Utiliser une installation sans certificat : **6 mois d'emprisonnement et 30 000 € d'amende** (CPCE, art. L. 39-1).
- En cas d'atteinte à l'ordre public ou à la défense nationale, une installation peut être saisie et exploitée provisoirement, sans indemnité, par décision du conseil des ministres (CPCE, art. L. 65-1).

L'examen

Épreuve	Questions	Durée
Réglementation	20	15 minutes
Technique	20	30 minutes

- 1 point par bonne réponse, 0 sinon. Il faut **au moins 10/20 à chaque épreuve**.
- Une épreuve réussie reste acquise **1 an** ; après un échec, on se représente au bout de **2 mois**.
- Les candidats justifiant d'au moins 70 % d'incapacité permanente disposent du **triple du temps**.
- Les anciens titulaires de la classe 3 gardent le bénéfice de l'épreuve de réglementation (art. 5).

Source : arrêté du 21 septembre 2000 modifié, art. 1 à 7-5 ; décision ARCEP n° 2012-1241 modifiée, § 5 ; code des postes et des communications électroniques, art. L. 39-1 et L. 65-1.

FR-R09 Indicateurs français

Un indicatif français se compose, dans l'ordre : d'un **préfixe** (F, ou TK pour la Corse), éventuellement d'une **lettre de sous-localisation** (outre-mer), d'un **chiffre** et d'un **suffixe**. Exemples : F4HWJ, FG4ABC, TK4KS.

France continentale



4 = classe HAREC
K.. = radio-club
Z.. = relais, balise
/P /M /MM = position

Outre-mer (ici la Guadeloupe)



Les parties d'un indicatif

Le chiffre

Chiffre	Signification
0	Ex-classe 3
1	Ex-classe 2
2, 3, 5, 6, 8, 9	Ex-classe 1
4	Classe HAREC (ou ex-classe 2)
7	Réserve

Depuis 2012, les nouveaux indicatifs personnels utilisent le chiffre 4 avec un suffixe de 3 lettres.

Les suffixes

Suffixe	Usage
AA à UZZZ (France continentale)	Stations individuelles (les suffixes de 2 lettres ne sont plus attribués : 3 ou 4 lettres)
AA à ZZ (DOM, COM et Corse)	Stations individuelles
KAA à KZZ (KA à KZ outre-mer et Corse)	Radio-clubs
ZAA à ZZZ	Stations répétitrices, relais et balises
VAA à VZZ et WAA à WZZ	Radioamateurs étrangers installés en France
XAA à XZZ et YAA à YZZ	Réserve

La lettre de sous-localisation **X** est réservée aux stations en orbite autour de la Terre.

Indicatifs spéciaux temporaires

- Préfixe : **TM** (France continentale), **TO** (départements d'outre-mer), **TK** (Corse), **TX** (collectivités d'outre-mer), **FX** (événement exceptionnel lié à une station spatiale).
- Puis 1 à 3 chiffres (0 à 999) et un suffixe de 1 à 4 caractères terminé par une lettre. Exemple : TM100X.
- Utilisation limitée à **15 jours sur 6 mois**, demande motivée **20 jours ouvrables** avant.

Suffixes de position

Suffixe	Station
/P	Portable
/M	Mobile (véhicule)
/MM	Mobile maritime (navire)

Radio-clubs

- On opère depuis un radio-club avec l'indicatif du radio-club **suivi** de son indicatif personnel.
- Le responsable d'un indicatif de radio-club, de relais ou de balise doit avoir un indicatif personnel autorisé et un certificat au moins équivalent à HAREC ; il répond des conditions d'utilisation. Une nouvelle association fournit le récépissé de sa déclaration.

Source : arrêté du 21 septembre 2000 modifié, art. 7 et annexe II ; ANFR, page « Les indicatifs ».

FR-R10 Préfixes de la France, outre-mer et Corse

Le préfixe **F** est suivi, pour l'outre-mer, d'une lettre de sous-localisation. La Corse utilise **TK**.

Préfixe	Territoire
F	France continentale
TK	Corse
FG	Guadeloupe
FH	Mayotte
FJ	Saint-Barthélemy
FK	Nouvelle-Calédonie
FM	Martinique
FO	Polynésie française et Clipperton
FP	Saint-Pierre-et-Miquelon
FR	La Réunion (et les îles Éparses)
FS	Saint-Martin
FT	Terres australes et antarctiques françaises
FW	Wallis-et-Futuna
FY	Guyane

Moyen mnémotechnique : la lettre suit souvent l'initiale du territoire (G = Guadeloupe, M = Martinique, R = Réunion, Y = guYane, W = Wallis).

Source : arrêté du 21 septembre 2000 modifié, annexe II (grille de codification des indicatifs).

FR-R11 Préfixes des pays de la CEPT

L'UIT attribue à chaque pays des **séries d'indicatifs** (appendice 42 du Règlement des radiocommunications). Les radioamateurs utilisent un préfixe pris dans ces séries.

Pays	Série UIT	Préfixe courant
Allemagne	DAA – DRZ	DL
Andorre	C3A – C3Z	C3
Autriche	OEA – OEZ	OE
Belgique	ONA – OTZ	ON
Bulgarie	LZA – LZZ	LZ
Chypre	5BA – 5BZ	5B
Croatie	9AA – 9AZ	9A
Danemark	OUA – OZZ	OZ
Espagne	EAA – EHZ	EA
Estonie	ESA – ESZ	ES
Finlande	OFA – OJZ	OH
Grèce	SVA – SZZ	SV
Hongrie	HAA – HAZ	HA
Irlande	EIA – EJZ	EI
Islande	TFA – TFZ	TF
Italie	IAA – IZZ	I
Lettonie	YLA – YLZ	YL
Lituanie	LYA – LYZ	LY
Luxembourg	LXA – LXZ	LX
Malte	9HA – 9HZ	9H
Monaco	3AA – 3AZ	3A
Norvège	LAA – LNZ	LA
Pays-Bas	PAA – PIZ	PA
Pologne	SNA – SRZ	SP
Portugal	CQA – CUZ	CT
République tchèque	OKA – OLZ	OK
Roumanie	YOA – YRZ	YO
Royaume-Uni	GAA – GZZ, MAA – MZZ, 2AA – 2ZZ	G, M, 2E
Saint-Marin	T7A – T7Z	T7
Serbie	YTA – YUZ	YU
Slovaquie	OMA – OMZ	OM

Pays	Série UIT	Préfixe courant
Slovénie	S5A – S5Z	S5
Suède	SAA – SMZ	SM
Suisse	HBA – HBZ	HB
Turquie	TAA – TCZ	TA
Ukraine	URA – UZZ	UR
Cité du Vatican	HVA – HVZ	HV
Albanie	ZAA – ZAZ	ZA
Bosnie-Herzégovine	E7A – E7Z	E7
Géorgie	4LA – 4LZ	4L
Macédoine du Nord	Z3A – Z3Z	Z3
Moldavie	ERA – ERZ	ER
Monténégro	4OA – 4OZ	4O

Séries de la France et dépendances

- France : FAA – FZZ, HWA – HYZ, THA – THZ, TKA – TKZ, TMA – TMZ, TOA – TQZ, TVA – TXZ.
- Pays-Bas : P4 (Aruba) ; PJ (Curaçao, Saint-Martin partie néerlandaise, Caraïbes néerlandaises).
- Royaume-Uni : aussi ZB – ZJ (par exemple ZB pour Gibraltar).
- Les séries du Danemark (OU – OZ) couvrent aussi OX et OY ; celles de l'Espagne (EA – EH) couvrent EA8, celles du Portugal (CQ – CU) couvrent CU, celles de l'Italie (I) couvrent IS0.

Source : Règlement des radiocommunications de l'UIT (édition 2020), appendice 42.

FR-R12 Émettre à l'étranger : CEPT et accords

Les recommandations de la CEPT

Recommandation	Objet
T/R 61-01	Licence CEPT : émettre temporairement dans un autre pays qui l'applique, sans démarche pour un court séjour
T/R 61-02	Certificat HAREC : examen harmonisé ; le certificat français y est équivalent

Il n'y a **pas de réciprocité** en France pour les licences « novice ».

Un étranger qui émet en France

Séjour	Pays d'origine	Formalité	Indicatif
Moins de 3 mois	UE, pays appliquant T/R 61-01, ou ayant un accord avec la France	Aucune	F/ + indicatif national + /P (ou préfixe du lieu : TK/, FM/, FG/, FR/...)
Plus de 3 mois	Union européenne	Demande à l'ANFR	F4V.. (suffixe Vxy)
Plus de 3 mois	Pays CEPT hors UE ou accord d'État à État	Demande à l'ANFR	F4W.. (suffixe Wxy)

Exemples : un Suisse en vacances en France : **F/HB9XYZ/P** ; un Belge en Corse : **TK/ON4XYZ/P** ; un Allemand en Martinique : **FM/DL1ABC/P**.

Pour un séjour de plus de 3 mois, on fournit : le certificat HAREC, la licence en cours de validité, une preuve de résidence de plus de 3 mois et une pièce d'identité. L'indicatif temporaire est attribué pour l'année civile, puis renouvelé tacitement.

Pays cités par l'ANFR

- **Hors UE appliquant T/R 61-01** : Albanie, Afrique du Sud, Antilles néerlandaises, Australie, Bosnie-Herzégovine, Canada, Curaçao, États-Unis, Islande, Israël, Liechtenstein, Macédoine, Moldavie, Monaco, Monténégro, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pérou, Royaume-Uni, Serbie, Suisse, Turquie, Ukraine.
- **Hors UE appliquant T/R 61-02** : Albanie, Afrique du Sud, Australie, Curaçao, Hong Kong, Israël, Islande, Japon, Macédoine, Moldavie, Monaco, Monténégro, Norvège, Nouvelle-Zélande, Royaume-Uni, Serbie, Suisse, Turquie, Ukraine.
- **Accord d'État à État avec la France** : Australie, Brésil, Canada, Côte d'Ivoire, États-Unis, Japon, Kenya, Monaco, Thaïlande.

Un certificat obtenu dans un autre État de l'UE ou de la CEPT et reconnu équivalent est considéré en France comme le certificat français, sous réserve de réciprocité.

Source : arrêté du 21 septembre 2000 modifié, art. 3, 7-1 et 7-2 ; ANFR, formulaire de demande d'indicatif pour les radioamateurs étrangers (février 2023).

FR-R13 UIT : définitions, régions, détresse

Définitions (RR, article 1)

- **Service d'amateur** (1.56) : service de radiocommunication ayant pour objet l'instruction individuelle, l'intercommunication et les études techniques, effectué par des personnes dûment autorisées, s'intéressant à la radioélectricité à titre uniquement personnel et **sans intérêt pécuniaire**.
- **Service d'amateur par satellite** (1.57) : mêmes fins, avec des stations spatiales situées sur des satellites de la Terre.
- **Station** (1.61) : un ou plusieurs émetteurs ou récepteurs, y compris les appareils accessoires, en un emplacement donné.

Les trois Régions de l'UIT

Région	Zone	Territoires français
Région 1	Europe, Afrique, Moyen-Orient, Russie	France métropolitaine, Corse, La Réunion, Mayotte
Région 2	Amériques	Martinique, Guadeloupe, Guyane, Saint-Pierre-et-Miquelon
Région 3	Asie, Océanie	Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis-et-Futuna

Les limites des Régions sont définies par trois lignes, A, B et C (RR, art. 5.2 à 5.9).

Détresse, urgence, sécurité

Signal	Usage
MAYDAY (prononcé 3 fois)	Détresse : danger grave et imminent
PAN PAN	Urgence
SÉCURITÉ	Sécurité (avis importants)

Catastrophes

- Les administrations sont invitées à permettre aux stations d'amateur de se préparer aux communications de secours en cas de catastrophe (RR, art. 25.9A). Cette disposition a remplacé la résolution 640 citée par le programme.
- Les messages pour des tiers non radioamateurs ne sont permis qu'en cas d'urgence ou de secours en cas de catastrophe (art. 25.3).
- Les stations spatiales doivent pouvoir cesser leurs émissions par télécommande (art. 22.1) ; des stations terriennes de commande en nombre suffisant sont installées avant le lancement (art. 25.11).

Source : Règlement des radiocommunications de l'UIT (édition 2020), art. 1, 5, 22, 25, 32 et 33.

FR-R14 Code Q : signification

Le programme retient un extrait du code Q international. Suivi d'un point d'interrogation, le code pose la question ; seul, il donne la réponse ou l'avis.

Code	Question (code + « ? »)	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 celle de...) ?	Votre fréquence exacte (ou celle de...) est de ... kHz (ou MHz).
QRH	Ma fréquence varie-t-elle ?	Votre fréquence varie.
QRK	Quelle est l'intelligibilité de mes signaux (ou de ceux de...) ?	L'intelligibilité de vos signaux est : 1 à 5.
QRL	Êtes-vous occupé ?	Je suis occupé (avec...). Prière de ne pas brouiller.
QRM	Êtes-vous brouillé ?	Je suis brouillé : 1 à 5.
QRN	Êtes-vous troublé par des parasites ?	Je suis troublé par des parasites : 1 à 5.
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).
QRZ	Par qui suis-je appelé ?	Vous êtes appelé par... (sur ... kHz).
QSA	Quelle est la force de mes signaux (ou de ceux de...) ?	La force de vos signaux est : 1 à 5.
QSB	La force de mes signaux varie-t-elle ?	La force de vos 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).
QTH	Quelle est votre position (latitude, longitude ou autre indication) ?	Ma position est...
QTR	Quelle est l'heure exacte ?	L'heure exacte est...

Les échelles de 1 à 5

Niveau	QRK (intelligibilité)	QSA (force)	QRM / QRN (brouillage / parasites)
1	Mauvaise	À peine perceptible	Nullement
2	Médiocre	Faible	Faiblement

Niveau	QRK (intelligibilité)	QSA (force)	QRM / QRN (brouillage / parasites)
3	Assez bonne	Assez bonne	Modérément
4	Bonne	Bonne	Fortement
5	Excellente	Très bonne	Très fortement

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, chapitre 5 (JO n° 236 du 11 octobre 2000, p. 16099-16100).

FR-R15 Code Q : retrouver le bon code

Pour retrouver un code à partir de son sens, il aide de regrouper les codes par thème.

Thème	Codes
Identité et position	QRA (nom de la station), QTH (position), QRZ (qui m'appelle ?)
Fréquence	QRG (fréquence exacte), QRH (fréquence qui varie), QSY (changer de fréquence)
Qualité du signal	QRK (intelligibilité), QSA (force), QSB (force qui varie)
Gêne	QRM (brouillage par d'autres stations), QRN (parasites atmosphériques ou industriels)
Puissance	QRO (augmenter), QRP (diminuer)
Déroulement du contact	QRL (occupé), QRV (prêt), QRU (rien pour vous), QRX (je vous rappellerai), QRT (cesser d'émettre)
Liaison et messages	QSO (communiquer avec...), QSP (retransmettre), QSL (accusé de réception)
Heure	QTR (heure exacte)

Pièges fréquents

- **QRM** = brouillage causé par d'autres émissions ; **QRN** = parasites (orages, appareils électriques).
- **QRK** = intelligibilité (on comprend ?) ; **QSA** = force (on entend fort ?).
- **QRO** augmente la puissance, **QRP** la diminue.
- **QRT** = cesser la transmission ; **QRX** = attendre, je vous rappellerai.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, chapitre 5 (JO n° 236 du 11 octobre 2000, p. 16099-16100).

FR-R16 Alphabet : les lettres

Table internationale d'épellation phonétique, avec l'orthographe française du Journal officiel. Les syllabes accentuées sont en gras.

Lettre	Mot de code	Prononciation
A	Alfa	AL FAH
B	Bravo	BRA VO
C	Charlie	TCHAR LI ou CHAR LI
D	Delta	DEL THA
E	Écho	EK O
F	Fox-trot	FOX TROTT
G	Golf	GOLF
H	Hôtel	HO TELL
I	India	IN DI AH
J	Juliett	DJOU LI ETT
K	Kilo	KI LO
L	Lima	LI MAH
M	Mike	MA IK
N	November	NO VEMM BER
O	Oscar	OSS KAR
P	Papa	PAH PAH
Q	Québec	KÉ BEK
R	Roméo	RO ME O
S	Sierra	SI ER RAH
T	Tango	TANG GO
U	Uniform	YOU NI FORM ou OU NI FORM
V	Victor	VIK TOR
W	Whiskey	OUISS KI
X	X-ray	EKSS RE
Y	Yankee	YANG KI
Z	Zoulou	ZOU LOU

Attention à l'orthographe officielle : Alfa (et non Alpha), Juliett avec deux T, Whiskey avec un E, Zoulou.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, chapitre 5 (JO n° 236 du 11 octobre 2000, p. 16100).

FR-R17 Alphabet : épeler un indicatif

Pour épeler un indicatif, on remplace chaque lettre par son mot de code ; les chiffres se disent normalement.

Indicatif	Épellation
F4HWJ	Fox-trot 4 Hôtel Whiskey Juliett
F6KAD	Fox-trot 6 Kilo Alfa Delta
FY4MNO	Fox-trot Yankee 4 Mike November Oscar
TK4QBX	Tango Kilo 4 Québec Bravo X-ray
TM2PSU	Tango Mike 2 Papa Sierra Uniform

Méthode

1. Repérez le préfixe (F, TK, FG, TM...), le chiffre, puis le suffixe.
2. Épelez lettre par lettre, sans en sauter une.
3. Vérifiez les lettres proches à l'oreille (B / D / P, M / N) : c'est justement là que l'alphabet évite les confusions.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, chapitre 5 (JO n° 236 du 11 octobre 2000, p. 16100).

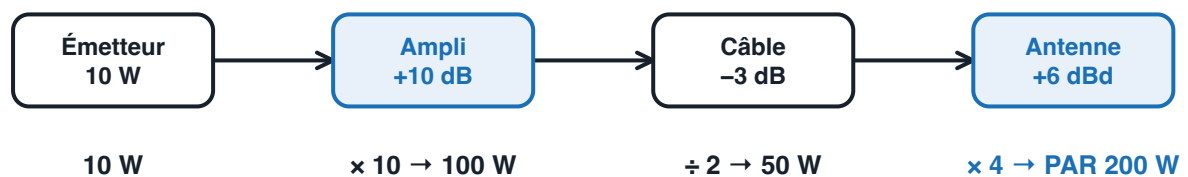
FR-R18 Décibels et rapports de puissance

Le décibel exprime un **rapport** de puissances : $G_{dB} = 10 \log_{10}(P_2/P_1)$. Les gains et les pertes en dB s'additionnent.

Les valeurs à connaître

dB	Rapport de puissance
0 dB	$\times 1$
3 dB	$\times 2$
6 dB	$\times 4$
10 dB	$\times 10$
20 dB	$\times 100$
-3 dB	$\div 2$
-6 dB	$\div 4$
-10 dB	$\div 10$
-20 dB	$\div 100$

Les autres valeurs se décomposent : 13 dB = 10 + 3 dB = $\times 20$; 16 dB = 10 + 6 dB = $\times 40$.



Total : +10 - 3 + 6 = +13 dB = $\times 20$

Une chaîne d'émission calculée en décibels

Exemples

- 10 W dans un ampli de +10 dB $\rightarrow$ 100 W.
- 100 W dans un câble qui perd 3 dB $\rightarrow$ 50 W à l'antenne.
- 80 W, câble de -6 dB $\rightarrow$ 20 W.

Rendement et adaptation

- Rendement : $\eta = \frac{P_{sortie}}{P_{entrée}} \times 100$ %. Un ampli qui consomme 100 W et fournit 60 W HF a un rendement de 60 %.
- Le transfert de puissance est maximal quand l'impédance de la charge est égale à celle de la source (adaptation).
- La **PEP** (puissance crête de la porteuse modulée) est la puissance moyenne pendant un cycle HF au maximum de l'enveloppe.

PAR et PIRE

- PAR : gain mesuré par rapport au **doublet demi-onde** (dBd).
- PIRE : gain mesuré par rapport à l'**antenne isotrope** (dBi).
- Gain en dBi = gain en dBd + 2,15 ; d'où $PIRE \approx PAR \times 1,64$.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 1re partie, chapitre 3 ; RR de l'UIT, art. 1.157, 1.161 et 1.162.

FR-R19 Brouillages et protection

Définitions (RR)

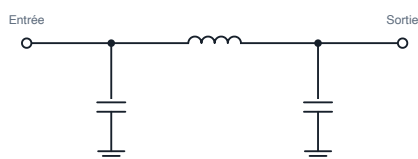
- **Brouillage préjudiciable** : brouillage qui dégrade sérieusement, interrompt de façon répétée ou empêche le fonctionnement d'un service de radiocommunication (ou compromet un service de radionavigation ou de sécurité).
- **Rayonnements non essentiels** : émissions hors de la bande nécessaire, réductibles sans affecter l'information : **harmoniques**, rayonnements parasites, produits d'**intermodulation** et de conversion de fréquence.

Les causes

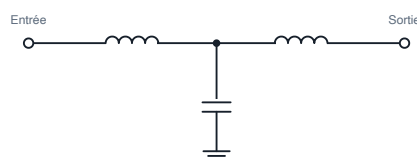
- **Brouillage avec le signal désiré** : un signal très fort sature l'entrée d'un récepteur voisin (blocage), même hors de sa fréquence.
- **Intermodulation** : deux signaux forts se mélangent dans un étage non linéaire et créent de nouvelles fréquences.
- **Détection par les circuits audio** : une chaîne hi-fi capte la HF par ses câbles et la « détecte ».
- **Harmoniques** de l'émetteur : l'harmonique n est à n fois la fréquence ($2 \times 145 \text{ MHz} = 290 \text{ MHz}$; $3 \times 7,1 \text{ MHz} = 21,3 \text{ MHz}$).
- **Voies d'entrée** dans l'appareil perturbé : par l'antenne, par d'autres lignes (secteur, haut-parleurs), par rayonnement direct ou par couplage.

Les remèdes : filtrage, découplage, blindage

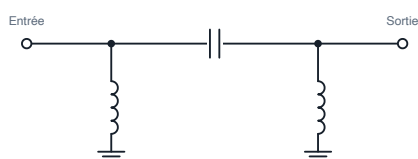
Situation	Remède
Harmoniques rayonnées par l'émetteur	Filtre passe-bas à la sortie de l'émetteur
HF qui entre dans un téléviseur par son câble d'antenne	Filtre passe-haut sur l'entrée antenne du téléviseur
HF qui circule sur le secteur ou les câbles audio	Filtre secteur, tores de ferrite (découplage)
Rayonnement direct	Blindage (boîtier métallique relié à la masse)



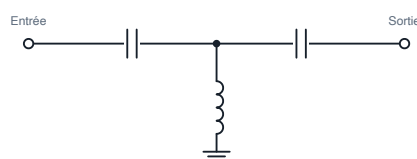
Passe-bas en Pi



Passe-bas en T



Passe-haut en Pi



Passe-haut en T

Bobine en série = passe-bas ; condensateur en série = passe-haut

Filtres LC : le passe-bas en sortie d'émetteur, le passe-haut à l'entrée d'un téléviseur

La **compatibilité électromagnétique** est l'aptitude d'un appareil à fonctionner sans perturber les autres et sans être perturbé.

Protection électrique

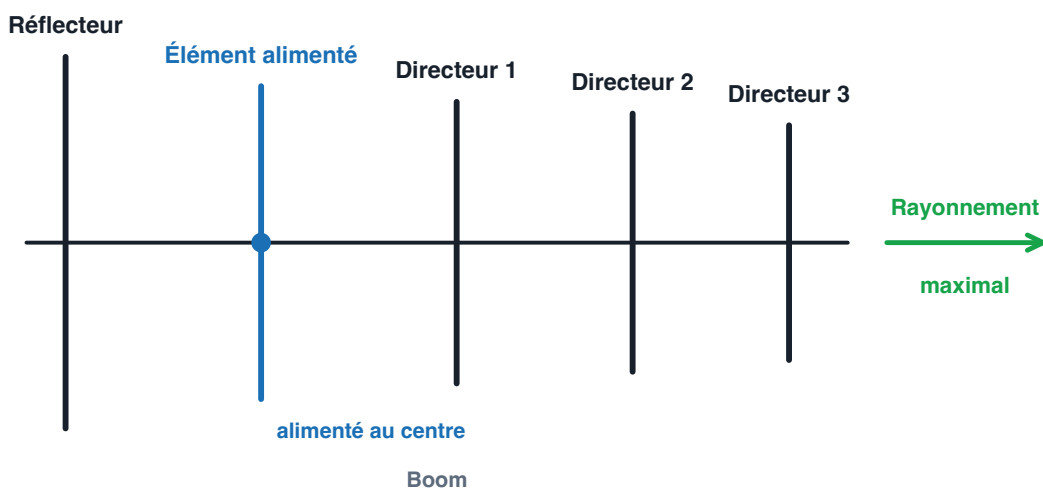
- Avant d'intervenir dans un appareil à haute tension (amplificateur à tubes) : couper l'alimentation et **décharger les condensateurs**.
- Sur le secteur : prise de terre et disjoncteur différentiel protègent les personnes.
- Orage : **déconnecter l'antenne** et relier sa descente à la terre.

Source : RR de l'UIT, art. 1.145 et 1.169 ; arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 1re partie, chapitre 3.

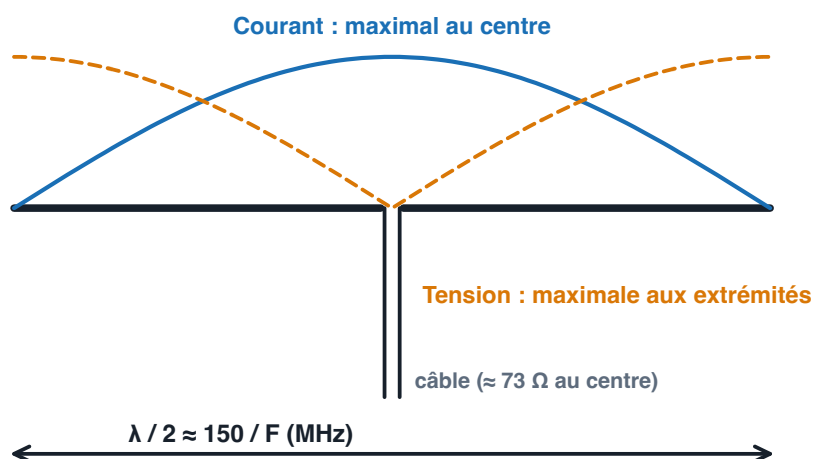
FR-R20 Antennes et lignes de transmission

Types d'antennes

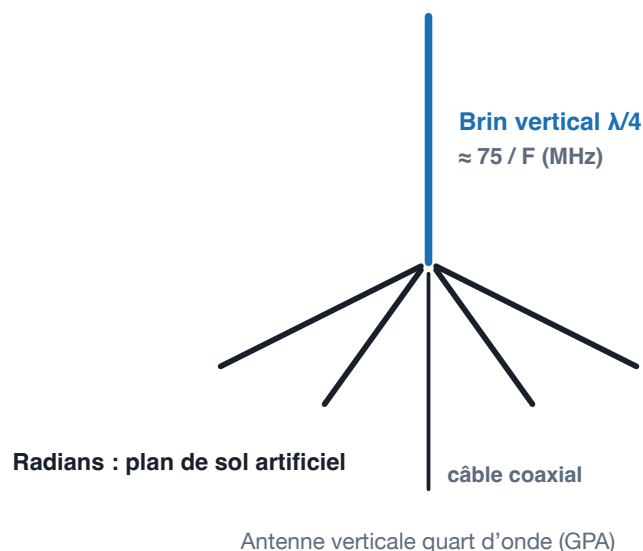
Antenne	À retenir
Doublet demi-onde alimenté au centre	Impédance d'environ 73Ω
Doublet alimenté par une extrémité	Impédance très élevée
Doublet replié	Environ 300Ω (environ 4 fois le doublet simple)
Doublet à trappes	Circuits LC accordés : fonctionne sur plusieurs bandes
Antenne verticale quart d'onde (GPA)	Brin vertical $\lambda/4$ et radars formant un plan de sol
Yagi	Réflecteur (plus long) derrière, élément alimenté, directeurs (plus courts) devant
Parabole	Gain très élevé, surtout en hyperfréquences



Antenne Yagi : réflecteur, élément alimenté, directeurs



Doublet demi-onde : courant et tension le long des brins



Caractéristiques

- **Polarisation** : direction du champ électrique ; un doublet horizontal rayonne en polarisation horizontale.
- **Gain** : en dBd (par rapport au doublet) ou en dBi (par rapport à l'isotrope) ; $\text{dBi} = \text{dBd} + 2,15$.
- **Rapport avant/arrière** : rayonnement vers l'avant comparé à l'arrière.
- **Diagrammes de rayonnement** : intensité rayonnée selon la direction, dans le plan horizontal et dans le plan vertical.

Lignes

Ligne	Caractéristique
Ligne bifilaire	Symétrique
Câble coaxial	Asymétrique (âme et blindage), souvent 50Ω

- Les pertes d'une ligne **augmentent avec la fréquence**.
- **TOS** (taux d'ondes stationnaires) : 1 quand l'antenne est parfaitement adaptée ; un TOS élevé signale une désadaptation.
- **Ligne quart d'onde** : transforme les impédances selon $Z_c = \sqrt{Z_1 Z_2}$. Pour adapter 200Ω à 50Ω : $\sqrt{50 \times 200} = 100 \Omega$.
- **Symétriseur (balun)** : relie une ligne asymétrique (coaxial) à une antenne symétrique.
- **Boîte d'accord** : présente à l'émetteur l'impédance qu'il attend.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 1re partie, chapitre 4.

Technique

FR-T01 Loi d'Ohm et conductivité

Conducteurs, isolants, semi-conducteurs

- **Conducteurs** : laissent passer le courant (cuivre, aluminium).
- **Isolants** : ne le laissent pratiquement pas passer (verre, mica, plastique).
- **Semi-conducteurs** : entre les deux (silicium, germanium) ; base des diodes et des transistors.

Grandeurs et unités

Grandeur	Symbole	Unité
Courant (intensité)	I	ampère (A)
Tension	U	volt (V)
Résistance	R	ohm (Ω)

Multiples : 1 k Ω = 1 000 Ω ; 1 M Ω = 1 000 000 Ω ; 1 mA = 0,001 A ; 1 μ A = 0,000 001 A.

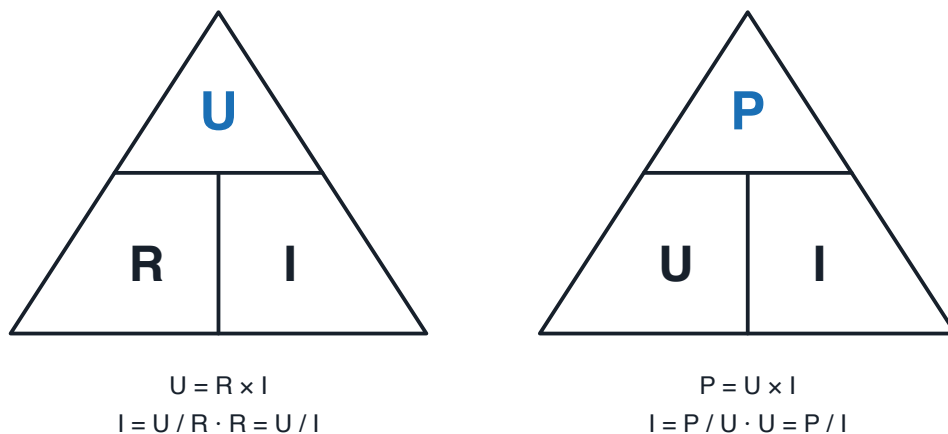
Loi d'Ohm

$$U = R \times I \quad I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I}$$

Exemples :

- 9 V aux bornes de 1,5 k Ω : $I = 9 / 1\,500 = 6$ mA.
- 220 Ω parcourus par 50 mA : $U = 220 \times 0,05 = 11$ V.
- 12 V et 4 mA : $R = 12 / 0,004 = 3$ k Ω .

À résistance constante, le courant est proportionnel à la tension : si U double, I double.



Le triangle de la loi d'Ohm : cachez la grandeur cherchée

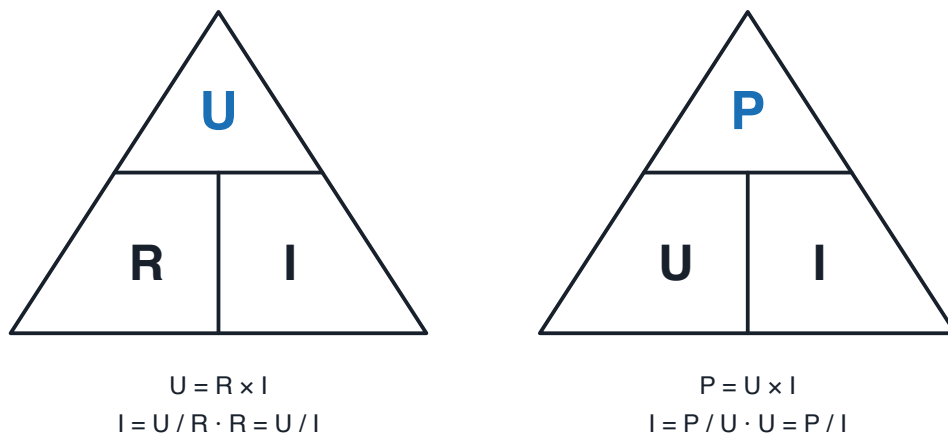
Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T02 Puissance, énergie et batteries

Puissance

$$P = U \times I \quad P = R \times I^2 \quad P = \frac{U^2}{R}$$

L'unité est le **watt** (W). En alternatif sinusoïdal, on utilise les **valeurs efficaces** de U et I.



Le triangle de la puissance

Exemples :

- 12 V × 2 A = 24 W.
- 100 Ω parcourus par 0,5 A : 100 × 0,25 = 25 W.
- 20 V sur 100 Ω : 400/100 = 4 W.
- Un émetteur de 100 W alimenté en 13,8 V consomme au moins 100/13,8 ≈ 7,2 A.

Énergie

$$W = P \times t$$

En wattheures (Wh) ou kilowattheures (kWh) : 100 W pendant 3 h = 300 Wh = 0,3 kWh.

Batteries

La **capacité** d'une batterie s'exprime en **ampères-heures (Ah)**. Autonomie théorique = capacité ÷ courant consommé : une batterie de 60 Ah alimentant 3 A dure 20 h ; une batterie de 7 Ah sous 0,5 A dure 14 h.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T03 Lois des nœuds et des mailles

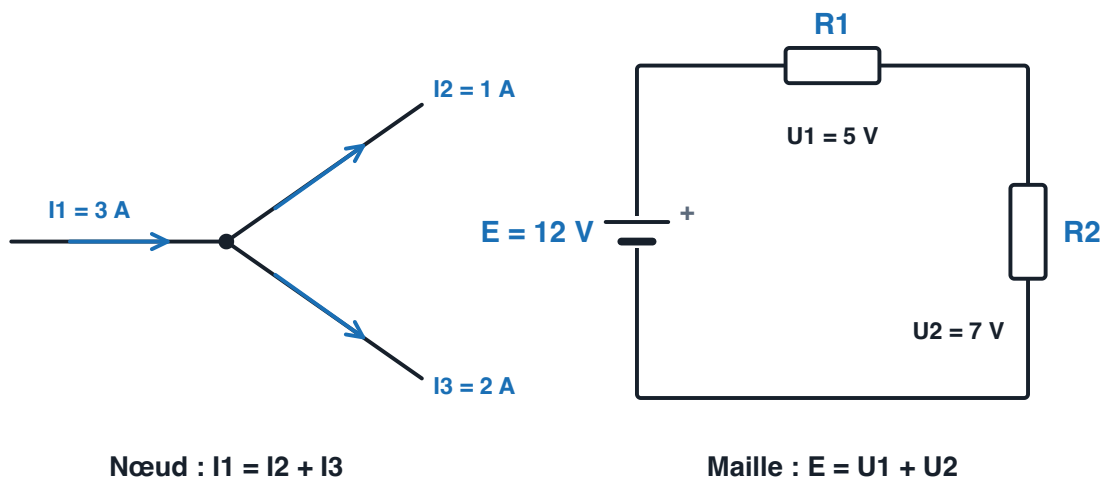
Loi des nœuds

En un nœud, la somme des courants qui arrivent est égale à la somme des courants qui repartent.

- 3 A arrivent, 1 A repart par une branche : l'autre branche emporte 2 A.
- Deux branches de 0,3 A et 0,2 A en parallèle : le courant total vaut 0,5 A.

Loi des mailles

Dans une maille fermée, la somme algébrique des tensions est nulle : la tension du générateur se partage entre les éléments.



Un nœud et une maille, avec leurs valeurs

- $E = 12\text{ V}$, $U_1 = 5\text{ V}$: $U_2 = 7\text{ V}$.
- $E = 24\text{ V}$, $U_1 = 10\text{ V}$, $U_2 = 6\text{ V}$: $U_3 = 8\text{ V}$.

Diviseur de tension

$$U_2 = U \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- 12 V sur $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 2\text{ k}\Omega$: $U_2 = 8\text{ V}$.
- Deux résistances égales : chacune reçoit la moitié de la tension.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

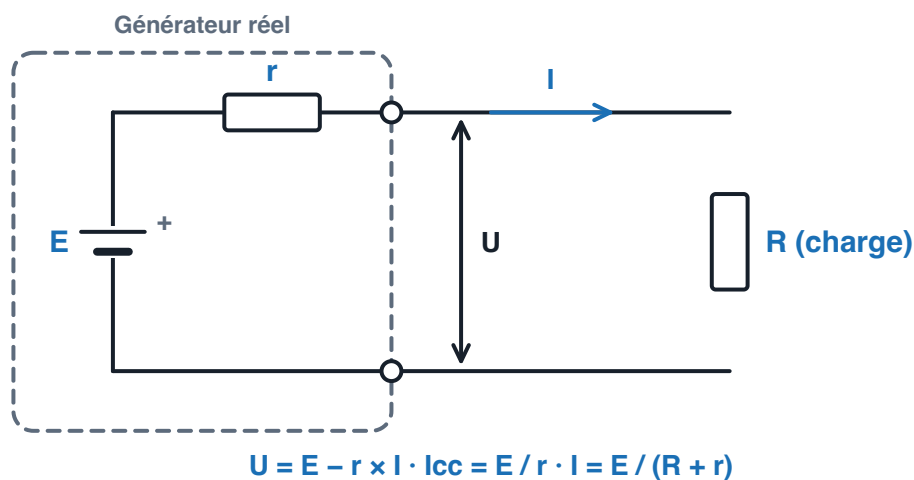
FR-T04 Générateurs, piles et batteries

Générateur réel

Un générateur de tension se caractérise par sa **force électromotrice** (FEM, E) et sa **résistance interne** r .

- À vide (sans courant), la tension à ses bornes est égale à E .
- En charge : $U = E - r \times I$. La tension baisse quand le courant augmente.
- Courant de court-circuit : $I_{cc} = E/r$.
- Courant dans une charge R : $I = \frac{E}{R + r}$.
- Un générateur de tension **idéal** a une résistance interne nulle.

Exemple : $E = 12 \text{ V}$, $r = 0,5 \Omega$, $I = 4 \text{ A} \rightarrow U = 10 \text{ V}$; $I_{cc} = 24 \text{ A}$.



Le générateur réel : FEM E et résistance interne r

Grouperments

Montage	Tension	Capacité / courant
Série	Les tensions s'additionnent	Inchangée
Parallèle (éléments identiques)	Inchangée	Les capacités s'additionnent

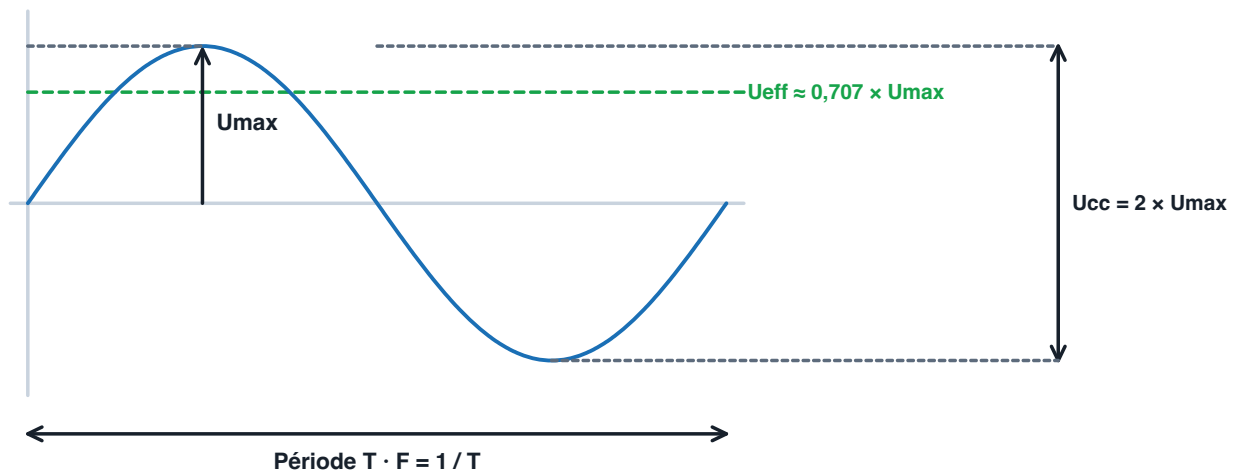
- 3 piles de $1,5 \text{ V}$ en série : $4,5 \text{ V}$; en parallèle : $1,5 \text{ V}$.
- 6 éléments de 2 V en série : 12 V .
- 2 batteries $12 \text{ V} - 40 \text{ Ah}$ en parallèle : 12 V et 80 Ah .

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

Signal sinusoïdal

Grandeur	Relation
Période T et fréquence F	$F = 1/T$ (hertz, Hz)
Valeur maximale (amplitude)	U_{max}
Valeur crête à crête	$2 \times U_{max}$
Valeur efficace	$U_{eff} = U_{max} / \sqrt{2} \approx 0,707 \times U_{max}$
Valeur moyenne sur une période	0

- 50 Hz $\rightarrow$ T = 20 ms ; T = 2 ms $\rightarrow$ F = 500 Hz.
- Secteur 230 V efficaces $\rightarrow$ environ 325 V maximum.
- Un quart de période correspond à un **déphasage** de 90°.



Amplitude, valeur efficace, crête à crête et période

Signaux non sinusoïdaux

Un signal non sinusoïdal se décompose en une **composante continue** (sa valeur moyenne), une **fondamentale** et des **harmoniques** (multiples de la fondamentale). Un signal carré de 1 kHz contient 1 kHz et les harmoniques impairs 3 kHz, 5 kHz...

Champs et ondes

- Champ électrique : en **volts par mètre** (V/m) ; on s'en protège par un écran conducteur relié à la masse.
- Champ magnétique : il entoure tout conducteur parcouru par un courant ; on s'en protège par un matériau magnétique (fer, mu-métal).
- Une **onde électromagnétique** associe un champ électrique et un champ magnétique perpendiculaires ; elle se propage à **300 000 km/s** dans le vide.
- $\lambda = c/F$, soit en pratique $\lambda \text{ (m)} = 300/F \text{ (MHz)}$: 145 MHz $\rightarrow$ 2,07 m ; 20 m $\rightarrow$ 15 MHz.
- La **polarisation** est la direction du champ électrique.

Traitement numérique du signal (DSP)

- **Échantillonnage** : on prélève le signal à intervalles réguliers, à au moins **deux fois** sa fréquence la plus haute (3 kHz → 6 kHz minimum).
- **Quantification** : chaque échantillon est arrondi à un niveau parmi un nombre fini ; n bits donnent 2^n niveaux (8 bits → 256).
- **CAN (ADC)** : analogique → numérique ; **CNA (DAC)** : numérique → analogique.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T06 Décibels et gains

$$G_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

dB	Rapport	dB	Rapport
0	× 1	-3	÷ 2
3	× 2	-6	÷ 4
6	× 4	-10	÷ 10
10	× 10	-20	÷ 100
20	× 100	30	× 1 000
40	× 10 000	13	× 20

Méthode

1. Additionnez tous les gains et pertes de la chaîne en dB.
2. Décomposez le total en 10, 6 et 3 dB.
3. Multipliez la puissance de départ.

Exemple : émetteur 10 W, ampli +10 dB, câble -3 dB, antenne +6 dBd → +13 dB = × 20 → **PAR de 200 W**.

- Deux antennes identiques couplées : gain + 3 dB (7 dBd → 10 dBd).
- Entrée 2 W, sortie 200 W : rapport 100, soit 20 dB.

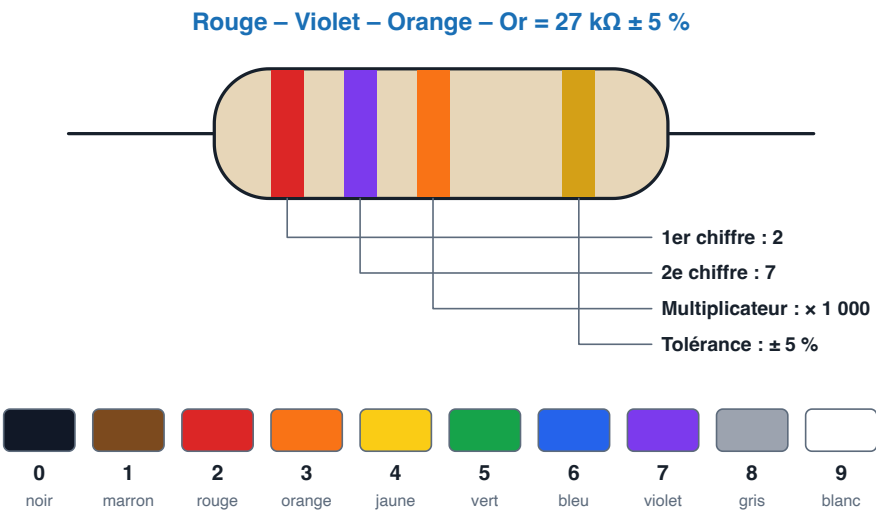
Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T07 Résistances et code des couleurs

Code des couleurs

Couleur	Chiffre	Multiplicateur
Noir	0	× 1
Marron	1	× 10
Rouge	2	× 100
Orange	3	× 1 000
Jaune	4	× 10 000
Vert	5	× 100 000
Bleu	6	× 1 000 000
Violet	7	—
Gris	8	—
Blanc	9	—
Or	—	× 0,1 (tolérance ± 5 %)
Argent	—	× 0,01 (tolérance ± 10 %)

Lecture : 1er anneau = 1er chiffre, 2e anneau = 2e chiffre, 3e anneau = multiplicateur, 4e anneau = tolérance.



Lire une résistance anneau par anneau

- Rouge – violet – orange : $27 \times 1\,000 = 27\text{ k}\Omega$.
- Jaune – violet – marron : $47 \times 10 = 470\text{ }\Omega$.
- Vert – bleu – rouge : $56 \times 100 = 5,6\text{ k}\Omega$.
- Jaune – violet – or : $47 \times 0,1 = 4,7\text{ }\Omega$.

Caractéristiques

- La caractéristique courant/tension d'une résistance est une **droite** passant par l'origine.

- **Puissance dissipée** maximale : à ne pas dépasser ($I_{max} = \sqrt{P/R}$) ; 100 Ω – 1/4 W supporte 50 mA.
- **CTN** : la résistance diminue quand la température augmente ; **CTP** : elle augmente.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T08 Groupements de résistances

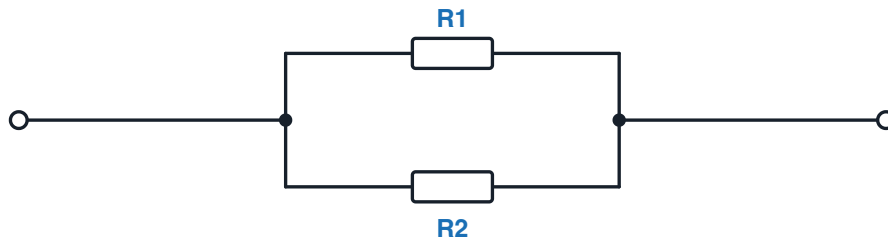
Série

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$220 + 330 + 470 \, \Omega = 1\,020 \, \Omega.$$



Série : $R = R_1 + R_2 + R_3$



Parallèle : $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ (deux : $R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$)

Résistances en série et en parallèle

Parallèle

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \quad \text{deux résistances : } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

- 300 Ω et 600 Ω : 200 Ω .
- n résistances égales : R / n (deux 1 k Ω $\rightarrow$ 500 Ω ; trois 300 Ω $\rightarrow$ 100 Ω).
- La résistance équivalente est toujours **plus petite que la plus petite** des résistances.

Mixte

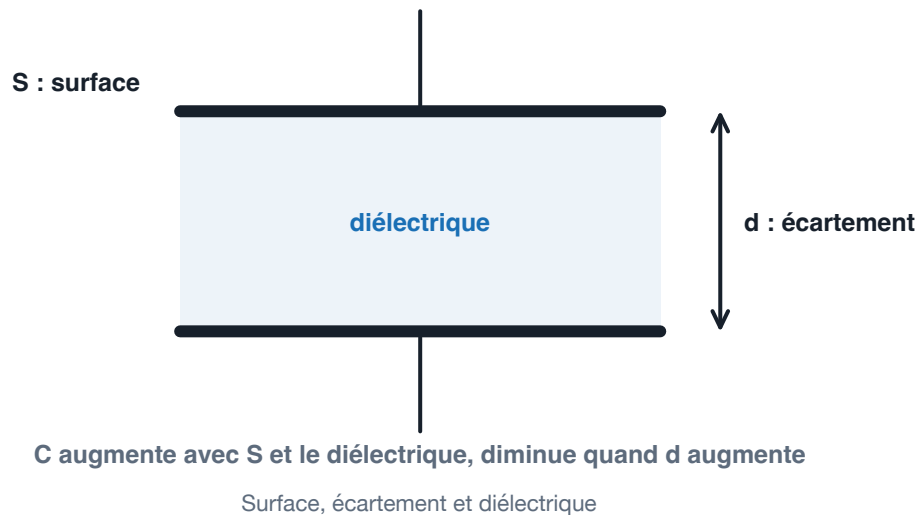
On réduit pas à pas : (100 + 200) Ω en parallèle avec 300 Ω $\rightarrow$ 150 Ω .

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T09 Condensateurs et bobines

Condensateur

- Capacité en **farads** (F) ; en pratique μF , nF, pF.
- La capacité augmente avec la **surface** des armatures, diminue quand on les **écarte**, et dépend du **diélectrique**.
- Types : à air (variable, pour l'accord), mica et céramique (stables, faibles pertes, HF), plastique, **électrolytique** (forte valeur, **polarisé**).
- Défauts : **courant de fuite**, **coefficient de température** (variation de la capacité avec la température).



Bobine

- Inductance en **henrys** (H) ; en pratique mH, μH .
- Elle augmente avec le **nombre de spires**, le diamètre et un **noyau magnétique** ; elle baisse si la bobine s'allonge.

Grouperments

	Condensateurs	Bobines (sans couplage)
Série	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$L = L_1 + L_2$
Parallèle	$C = C_1 + C_2$	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$

- $2,2 \mu\text{F} + 4,7 \mu\text{F}$ en parallèle = $6,9 \mu\text{F}$; $3 \mu\text{F}$ et $6 \mu\text{F}$ en série = $2 \mu\text{F}$.
- $10 \mu\text{H} + 22 \mu\text{H}$ en série = $32 \mu\text{H}$; deux $10 \mu\text{H}$ en parallèle = $5 \mu\text{H}$.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T10 Réactances, facteur Q et transformateurs

Réactances

$$X_C = \frac{1}{2\pi FC} \quad X_L = 2\pi FL$$

- Quand la fréquence augmente, X_C **diminue** et X_L **augmente**.
- 159 pF à 1 MHz : environ 1 kΩ ; 10 μH à 7 MHz : environ 440 Ω.
- Condensateur : le courant est **en avance de 90°** sur la tension. Bobine : **en retard de 90°**.

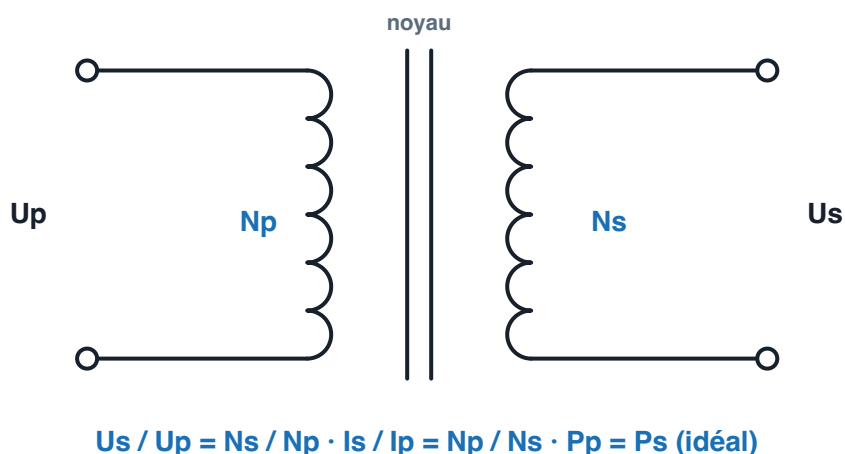
Facteur de qualité et pertes

- $Q = X_L/R$: 300 Ω de réactance et 3 Ω de résistance → $Q = 100$.
- **Effet de peau** : en HF, le courant circule à la surface du conducteur.
- Pertes dans un noyau : **hystérésis** et **courants de Foucault**.

Transformateur

$$\frac{U_{sec}}{U_{prim}} = \frac{N_{sec}}{N_{prim}} \quad \frac{I_{sec}}{I_{prim}} = \frac{N_{prim}}{N_{sec}} \quad P_{prim} = P_{sec} \text{ (idéal)}$$

- 230 V, 1 000 spires au primaire, 100 au secondaire → 23 V.
- Le courant varie en sens inverse de la tension : abaisseur de rapport 10, 0,1 A au primaire → 1 A au secondaire.
- Les impédances sont dans le rapport du **carré** du rapport de spires (rapport 2 → impédances × 4).
- Un transformateur ne fonctionne qu'en **alternatif**.



Le transformateur et ses rapports

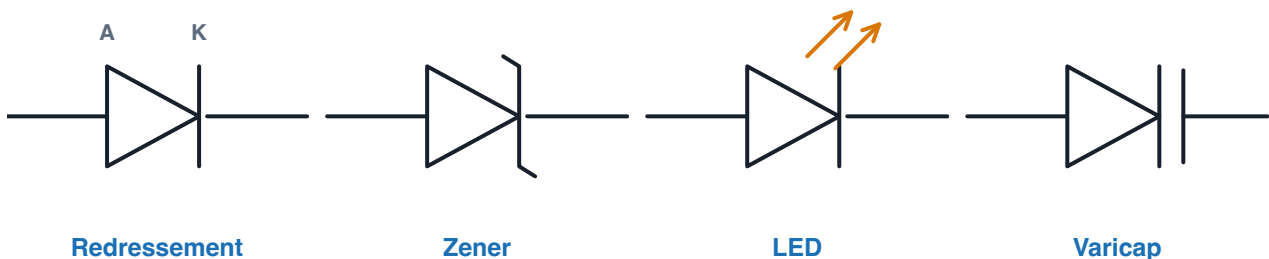
Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T11 Diodes, transistors, tubes et circuits numériques

Diodes

- Une diode conduit quand son **anode est plus positive que sa cathode** (polarisation directe). Seuil au silicium : environ 0,6 à 0,7 V.
- Au-delà de sa **tension inverse** maximale, elle claque. Plusieurs diodes en série tiennent une tension inverse plus élevée.

Diode	Usage
Redressement	Transformer l'alternatif en continu
Zener	Stabiliser une tension (travaille en inverse)
LED	Émettre de la lumière
Varicap	Capacité variable selon la tension inverse (accord, VCO)

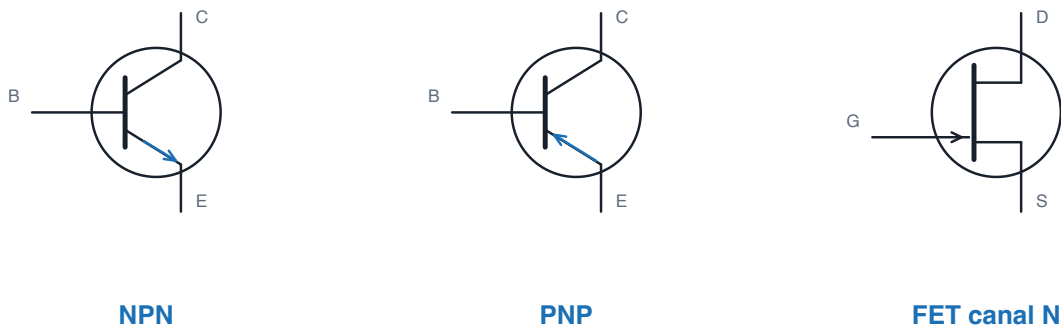


A = anode, K = cathode : la diode conduit quand l'anode est plus positive

Les symboles des diodes

Transistors

- **Bipolaire** (NPN ou PNP) : base, collecteur, émetteur ; commandé par son courant de base, $I_C = \beta \times I_B$. Symbole : la flèche de l'émetteur sort pour un NPN, entre pour un PNP.
- **À effet de champ** (FET, canal N ou P) : grille, drain, source ; commandé par une **tension** de grille ; sa transconductance exprime la variation du courant de drain avec la tension de grille.
- La **polarisation** fixe le point de fonctionnement au repos.



B base, C collecteur, E émetteur ; G grille, D drain, S source

Les symboles des transistors

Montage	Propriétés
Émetteur commun (source commune)	Gain en tension et en courant, déphasage de 180°
Base commune (grille commune)	Faible impédance d'entrée, bon en HF
Collecteur commun (drain commun)	Gain en tension ≈ 1 , forte impédance d'entrée, faible impédance de sortie

Tubes et circuits numériques

- Tube : la **cathode** chauffée émet des électrons attirés par l'**anode** ; la **grille** commande le courant.
- Portes logiques : **ET** = 1 si toutes les entrées valent 1 ; **OU** = 1 si au moins une vaut 1 ; **NON** inverse son entrée.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

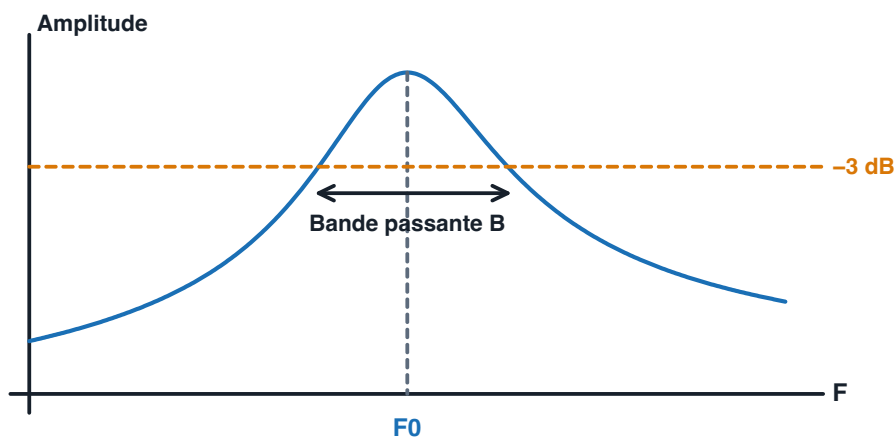
FR-T12 Résonance et filtres

Circuit résonant

À la résonance, $X_L = X_C$:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- $L = 10 \mu\text{H}$ et $C = 100 \text{ pF}$: environ 5 MHz.
- Si C est multipliée par 4, F_0 est divisée par 2.
- Circuit **série** à la résonance : impédance **minimale** ; circuit **parallèle** (bouchon) : impédance **maximale**.



$Q = F_0 / B$: plus Q est grand, plus la courbe est étroite

Courbe de résonance : F_0 , -3 dB et bande passante

Facteur de qualité et bande passante

$$Q = \frac{F_0}{B}$$

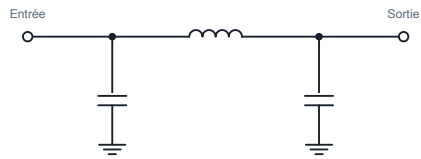
Bande passante mesurée entre les points à **-3 dB**. 7 MHz et 70 kHz de bande $\rightarrow Q = 100$. Plus Q est élevé, plus le circuit est sélectif.

Types de filtres

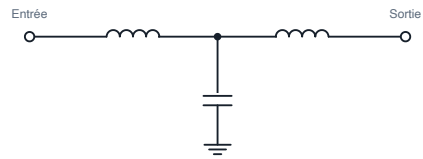
Filtre	Laisse passer
Passe-bas	Les fréquences sous la coupure
Passe-haut	Les fréquences au-dessus de la coupure
Passe-bande	Une bande de fréquences
Coupe-bande (réjecteur)	Tout sauf une bande

- **Filtre en Pi** : un élément en série entre deux éléments vers la masse ; **filtre en T** : un élément vers la masse entre deux éléments en série.
- Bobine en série et condensateurs vers la masse : **passe-bas**. Condensateur en série et bobines vers la masse : **passe-haut**.

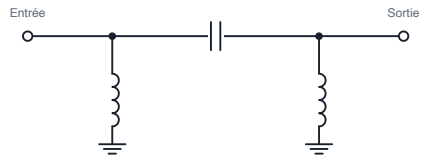
- **Filtre à quartz** : très sélectif (Q très élevé), utilisé en BLU et CW.



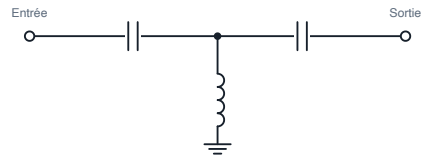
Passe-bas en Pi



Passe-bas en T



Passe-haut en Pi



Passe-haut en T

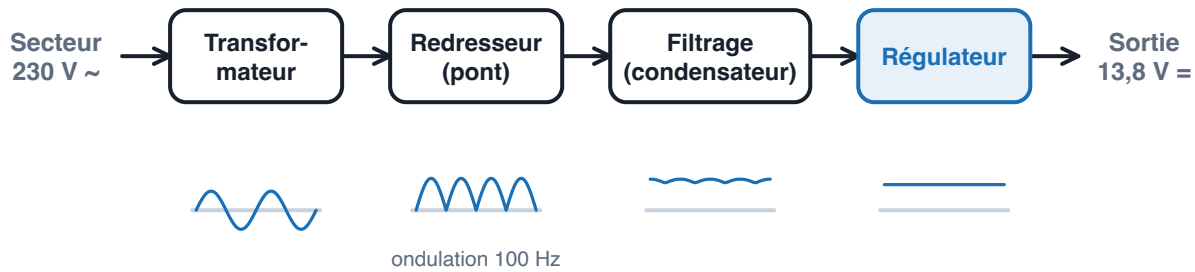
Bobine en série = passe-bas ; condensateur en série = passe-haut

Les quatre filtres LC en Pi et en T

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T13 Alimentations

Une alimentation secteur comporte, dans l'ordre : **transformateur** (abaisse la tension et isole du secteur), **redresseur**, **filtrage**, **régulation**.



Synoptique d'une alimentation, avec la forme de la tension à chaque étage

Redressement	Diodes	Ondulation (secteur 50 Hz)
Simple alternance	1	50 Hz
Double alternance en pont (Graetz)	4	100 Hz

- Le **condensateur de filtrage** se charge aux crêtes et lisse la tension ; plus il est gros, plus l'ondulation diminue.
- Après filtrage, la tension approche la valeur crête : 12 V efficaces → environ 17 V.
- Le **régulateur** (diode Zener ou circuit intégré) maintient une tension constante malgré les variations du secteur et de la charge.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T14 Amplificateurs, oscillateurs et PLL

Amplificateurs

- Facteur d'amplification : $A = U_s / U_e$ (0,1 V $\rightarrow$ 2 V : A = 20).
- Bande passante** : plage de fréquences où le gain reste à -3 dB près du maximum. Amplis BF (audio) et HF (radiofréquences).
- Un ampli saturé, non linéaire, produit des **harmoniques** (distorsion).

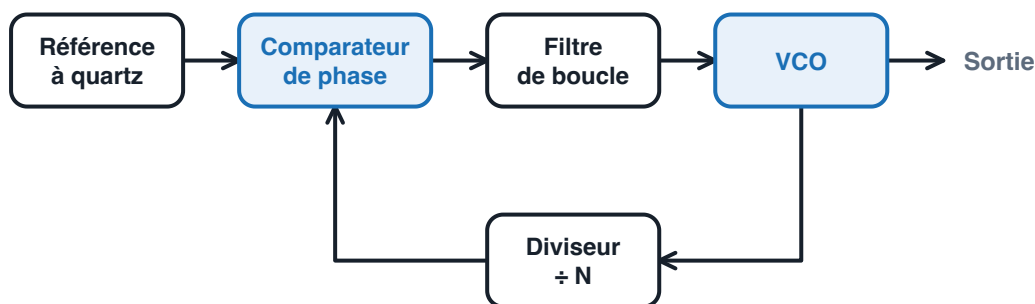
Classe	Conduction	Linéarité	Rendement	Usage
A	Toute la période	La meilleure	Faible	Petits signaux
AB	Un peu plus d'une demi-période	Bonne	Moyen	Ampli linéaire BLU
B	Une demi-période (push-pull)	Moyenne	Bon	
C	Moins d'une demi-période	Non linéaire	Le meilleur	FM, CW (pas la BLU)

Oscillateurs

- Conditions : réaction **positive** (en phase) et gain de boucle au moins égal à 1.
- Oscillateur LC : fréquence fixée par le circuit LC. Oscillateur à **quartz** : grande stabilité. Quartz **overtone** : oscille sur un harmonique impair.
- La stabilité souffre des variations de **température** et de **tension d'alimentation** ; on stabilise l'alimentation et on isole l'oscillateur par un **séparateur**.

Boucle à verrouillage de phase (PLL)

Référence à quartz $\rightarrow$ **comparateur de phase** $\rightarrow$ filtre de boucle $\rightarrow$ **VCO** (oscillateur commandé en tension), dont la sortie revient au comparateur. Elle produit des fréquences variables aussi stables que le quartz de référence (synthèse de fréquence).



$$F_{\text{sortie}} = N \times F_{\text{référence}}$$

Synoptique d'une PLL

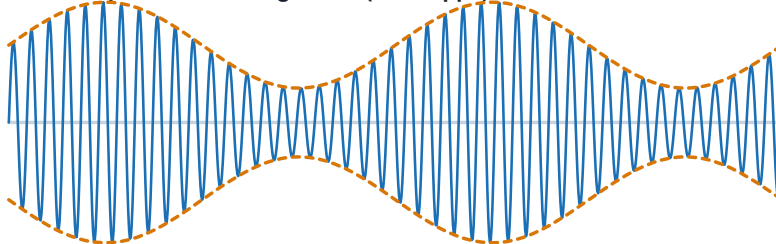
Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T15 Modulations et détection

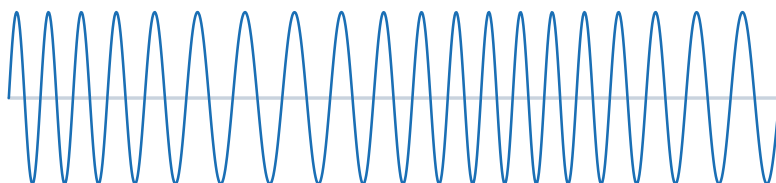
Modulations

Modulation	Ce qui varie	Bande occupée
AM double bande (A3E)	Amplitude	$2 \times$ la fréquence BF max (3 kHz $\rightarrow$ 6 kHz)
BLU (J3E)	Une bande latérale, porteuse supprimée	Bande BF (300 – 3 000 Hz $\rightarrow$ 2,7 kHz)
FM (F3E)	Fréquence	Carson : $B \approx 2(\Delta F + f_{mod})$
PM (G3E)	Phase	Comparable à la FM

AM : l'amplitude suit le signal BF (enveloppe)

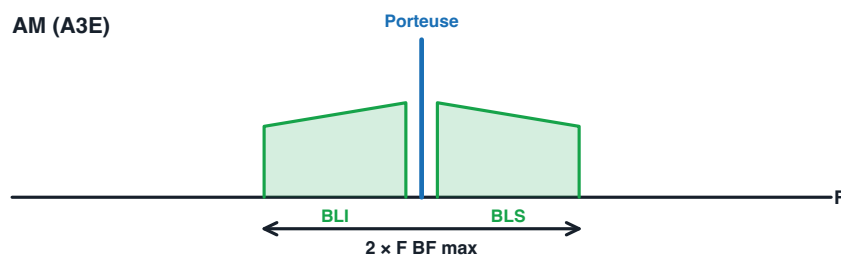


FM : la fréquence suit le signal BF, l'amplitude reste constante

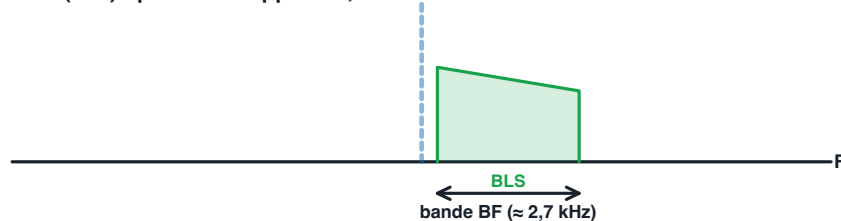


AM et FM : ce qui varie dans la porteuse

AM (A3E)



BLU (J3E) : porteuse supprimée, une seule bande latérale



Spectre : porteuse et bandes latérales en AM, une seule bande en BLU

- Une émission AM comprend la porteuse et deux bandes latérales. La BLU occupe moitié moins de place et concentre la puissance sur l'information.
- Indice de modulation FM : $m = \Delta F / f_{mod}$ (5 kHz / 2,5 kHz $\rightarrow$ $m = 2$).
- Une multiplication de fréquence multiplie aussi l'excursion (2 kHz $\times$ 3 = 6 kHz).

Détecteurs

Détecteur	Pour
Diode et filtre (détecteur d'enveloppe)	AM
Détecteur de produit + oscillateur de battement (BFO)	BLU et CW
Détecteur de pente, discriminateur Foster-Seeley	FM

En CW, la porteuse non modulée devient audible grâce au **battement** avec le BFO.

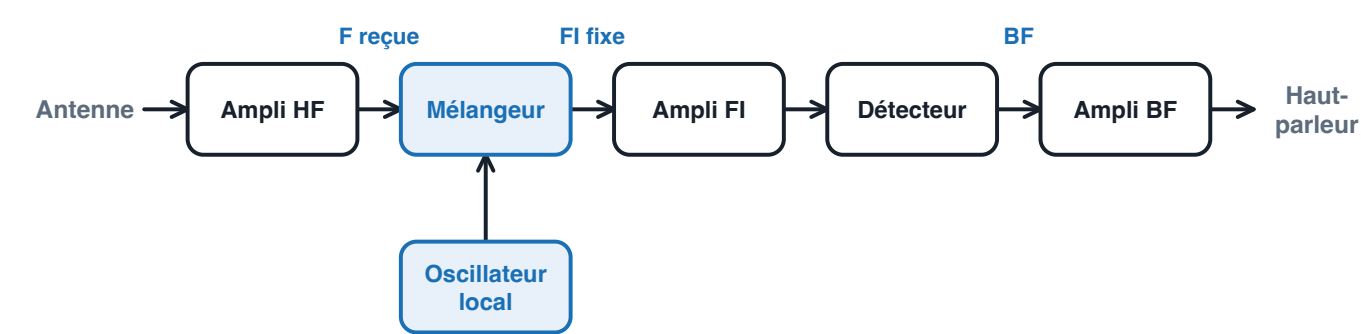
Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T16 Récepteurs : synoptiques et étages

Superhétérodyne

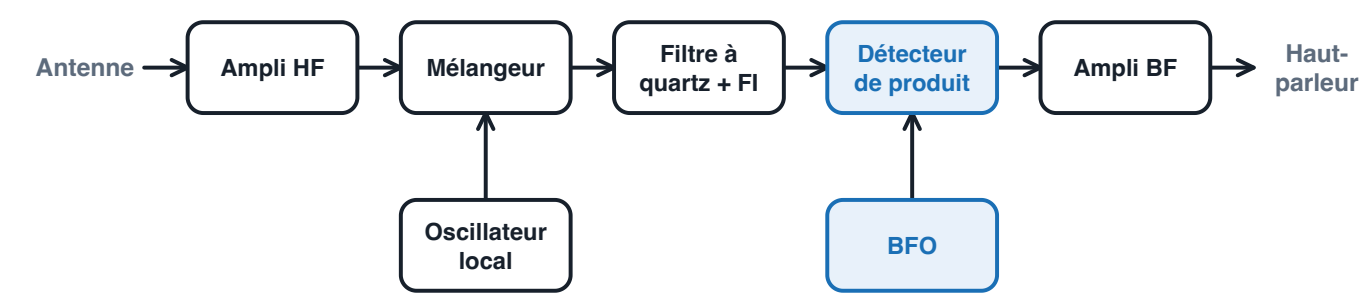
Antenne → **ampli HF** → **mélangeur** (avec l'**oscillateur local**) → **ampli FI** → **détecteur** → **ampli BF** → haut-parleur.

Le mélangeur produit la somme et la différence de ses deux fréquences d'entrée ; la fréquence intermédiaire (FI) est fixe, ce qui facilite le gain et la sélectivité.



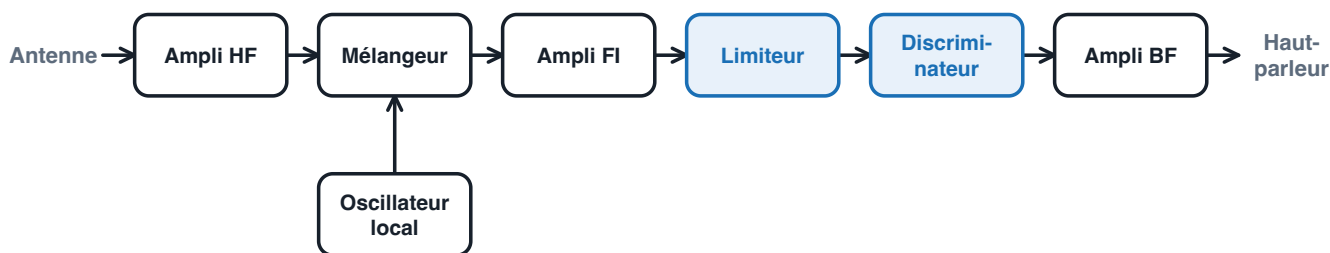
Récepteur superhétérodyne AM

Récepteur	Détection
AM (A3E)	Détecteur à diode
CW (A1A)	Détecteur de produit + BFO
BLU (J3E)	Détecteur de produit + BFO
FM (F3E)	Limiteur puis discriminateur



Le BFO remplace la porteuse absente

Récepteur BLU et CW : le détecteur de produit et le BFO

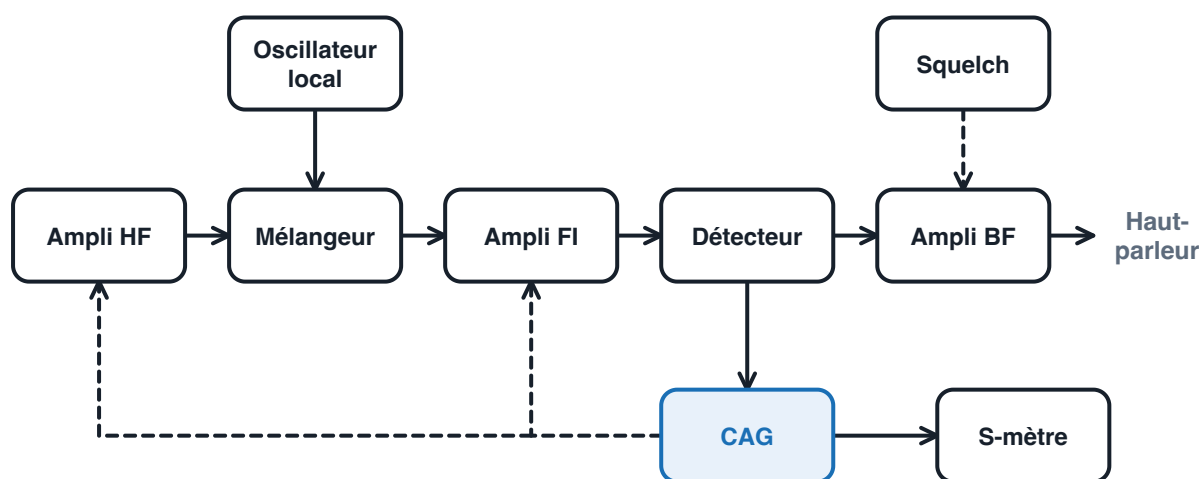


Supprime l'AM, puis convertit la FM en BF

Récepteur FM : limiteur et discriminateur

Rôle des étages

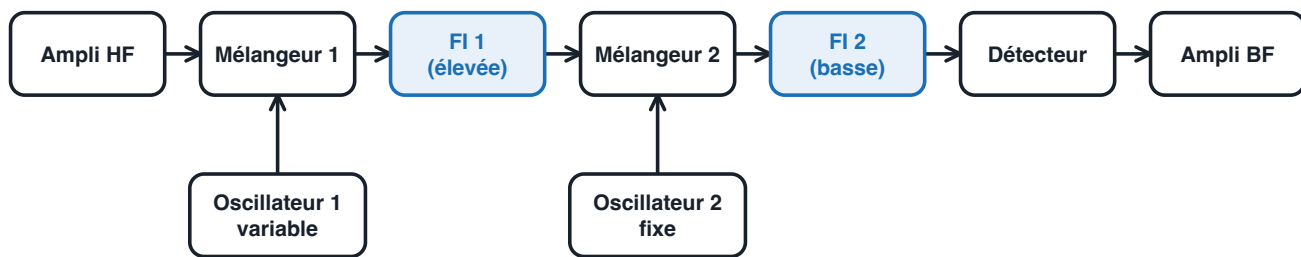
Étage	Rôle
Ampli HF	Amplifier le signal reçu et filtrer avant le mélangeur
Oscillateur local (variable)	Sélectionner la station
Mélangeur	Produire la FI
Ampli FI	Gain et sélectivité principaux
Limiteur (FM)	Supprimer les variations d'amplitude
BFO	Remplacer la porteuse absente (BLU, CW)
Calibrateur à quartz	Repères de fréquence pour étalonner
CAG	Garder un niveau de sortie constant
S-mètre	Indiquer la force du signal
Squelch (silencieux)	Couper la BF sans signal
Ampli BF	Attaquer le haut-parleur



Le CAG réduit le gain sur les signaux forts

CAG, S-mètre et squelch

Double changement de fréquence : une 1re FI élevée éloigne la fréquence image, une 2e FI basse permet des filtres étroits ; le 1er oscillateur est variable, le 2e fixe.



éloigne la fréquence image

filtres étroits, sélectivité

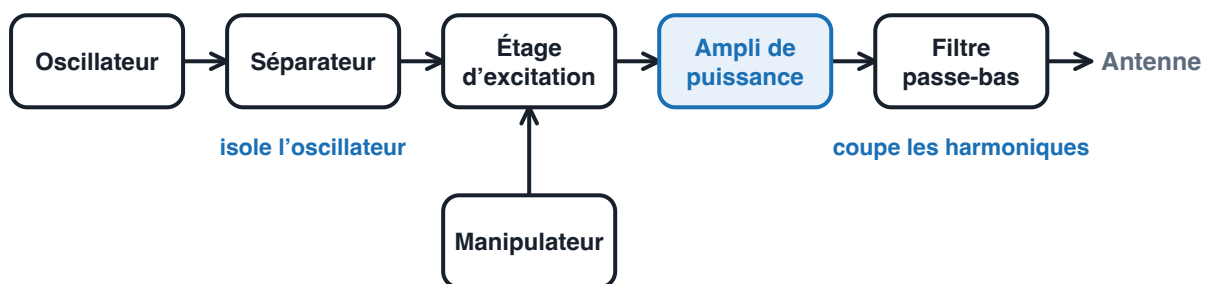
Récepteur à double changement de fréquence

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

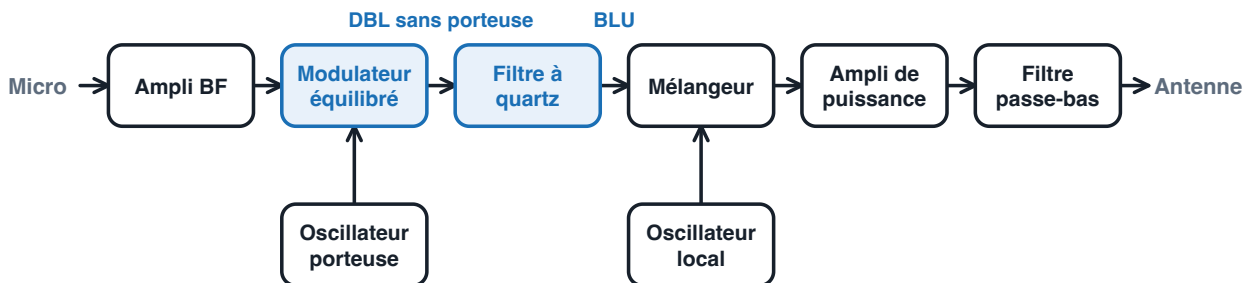
FR-T17 Émetteurs : synoptiques et caractéristiques

Synoptiques

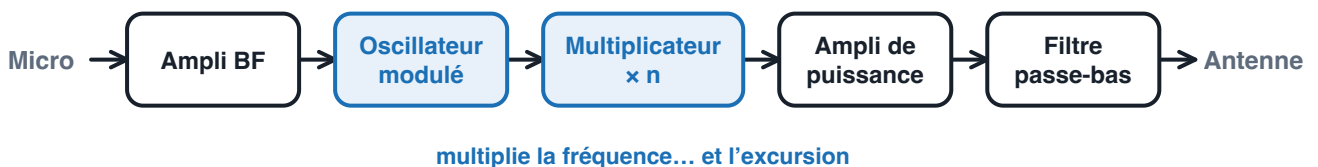
- **CW** : oscillateur → **séparateur** → étage d'excitation → **amplificateur de puissance** → **filtre de sortie** passe-bas → antenne.
- **BLU** : ampli BF → **modulateur équilibré** (supprime la porteuse) → **filtre à quartz** (garde une bande latérale) → mélangeur → ampli de puissance. Autre méthode : le **déphasage**.
- **FM** : oscillateur → modulateur de fréquence → **multiplicateur de fréquence** → ampli de puissance.
- Émetteur à changement de fréquence : la fréquence d'émission est obtenue par un **mélangeur** et un oscillateur. Multiplication : $48 \text{ MHz} \times 3 = 144 \text{ MHz}$.



Émetteur CW



Émetteur BLU



Émetteur FM

Rôle des étages

Étage	Rôle
Séparateur (buffer)	Isoler l'oscillateur de la charge, pour sa stabilité
Étage d'excitation (driver)	Attaquer l'amplificateur de puissance
Amplificateur de puissance	Fournir la puissance HF
Filtre de sortie (souvent en Pi)	Atténuer les harmoniques et adapter l'impédance

Caractéristiques

- Impédance de sortie habituelle : **50 Ω** . Bande audio en BLU téléphonie : 300 – 3 000 Hz.
- **Claquements de manipulation** : fronts trop raides en CW, qui élargissent le spectre.
- **Pialement (chirp)** : la fréquence glisse à chaque manipulation (oscillateur mal stabilisé).
- **Rayonnements parasites** : limités par le filtre de sortie ; rayonnement du boîtier : limité par un boîtier métallique relié à la masse.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T18 Caractéristiques des récepteurs

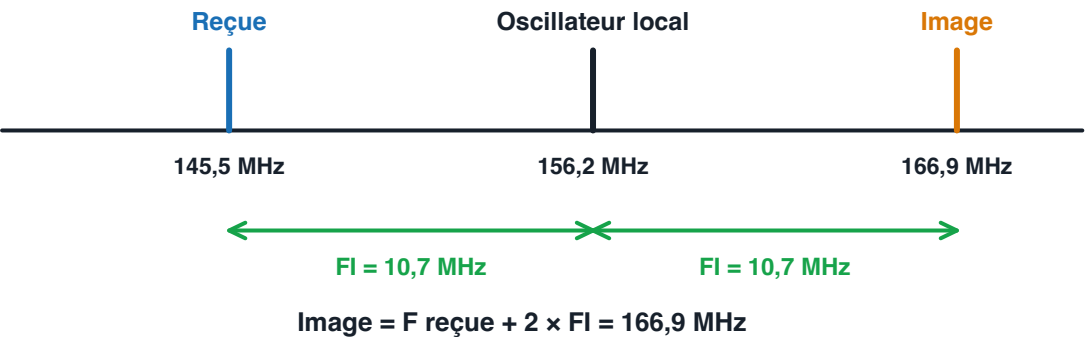
Caractéristique	Définition
Sensibilité	Aptitude à recevoir les signaux faibles (en μV)
Sélectivité	Aptitude à séparer deux signaux voisins (canal adjacent)
Stabilité	Aptitude à rester sur la fréquence réglée
Transmodulation	Modulation d'un signal fort transférée sur le signal écouté
Intermodulation	Signaux « fantômes » issus du mélange de signaux forts

Fréquence intermédiaire et fréquence image

- $F I = |F_{OL} - F_{re\grave{c}ue}|$.
- La **fréquence image** est symétrique de la fréquence reçue par rapport à l'oscillateur local : $F_{image} = F_{re\grave{c}ue} \pm 2 \times F I$.

Reçue	OL	FI	Image
145,5 MHz	156,2 MHz	10,7 MHz	166,9 MHz
14,2 MHz	23,2 MHz	9 MHz	32,2 MHz

L'image est symétrique de la fréquence reçue par rapport à l'oscillateur local



Fréquence intermédiaire et fréquence image sur l'axe des fréquences

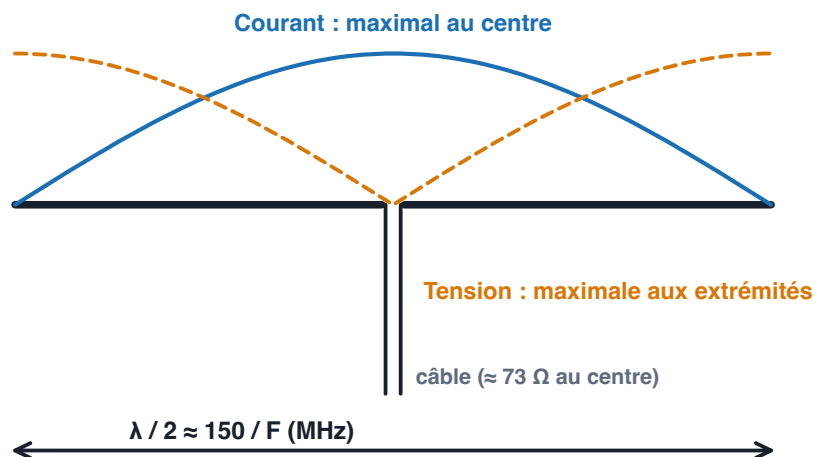
Pour mieux rejeter l'image : une FI plus élevée et un bon filtrage avant le mélangeur.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T19 Antennes, lignes et propagation

Antennes

- Doublet demi-onde : $\lambda/2 \approx 150/F$ (m, MHz) ; 14 MHz → environ 10,7 m. Impédance au centre : environ 73 Ω .
- Quart d'onde vertical : $\lambda/4 \approx 75/F$; 145 MHz → environ 0,52 m.
- Sur un doublet demi-onde, le **courant** est maximal au centre et la **tension** aux extrémités.
- Antenne trop courte : impédance **capacitive** ; trop longue : **inductive**.



Courant et tension sur un doublet demi-onde

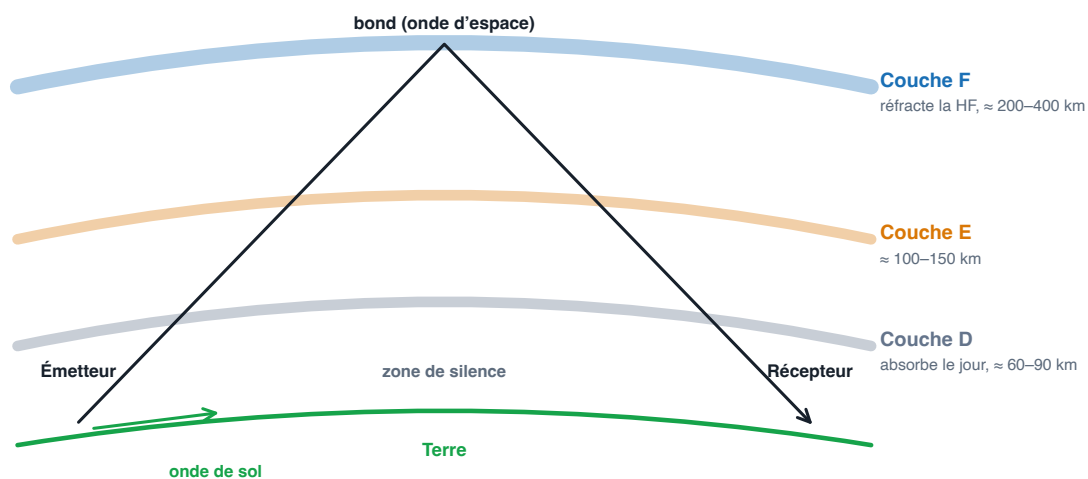
Lignes

- Impédance caractéristique des coaxiaux d'émission : **50 Ω** (75 Ω en télévision).
- Dans un câble, l'onde va moins vite : longueur physique = longueur électrique $\times$ **coefficient de vitesse** ($\lambda/4$ à 145 MHz avec 0,66 → environ 0,34 m).
- Ligne quart d'onde **court-circuitée** au bout : impédance très élevée à l'entrée (et inversement).
- En hyperfréquences, on utilise le **guide d'ondes**.
- L'affaiblissement en espace libre augmente de 6 dB quand la distance double.

Propagation

Phénomène	À retenir
Couche D	Basse, de jour : absorbe les bandes basses
Couche E, E sporadique	Ouvertures d'été en 28, 50, parfois 144 MHz
Couche F	Réfracte la HF : liaisons à grande distance
Fréquence critique	Plus haute fréquence réfléchiée à incidence verticale
MUF	Plus haute fréquence utilisable pour une liaison donnée
Activité solaire (cycle de 11 ans)	Plus elle est forte, plus la MUF monte
Onde de sol	Suit le sol, surtout en basses fréquences

Phénomène	À retenir
Angle de rayonnement bas	Bonds plus longs
Fading	Trajets multiples qui s'ajoutent ou s'annulent
Inversion de température	Liaisons VHF/UHF au-delà de l'horizon
Aurore	Signaux rauques, antennes vers le nord
Hauteur d'antenne	En VHF, plus haut = plus loin



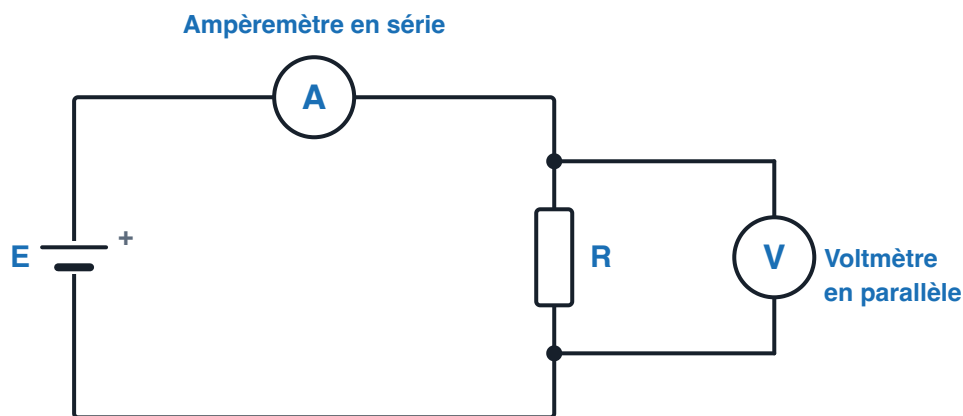
Les couches de l'ionosphère, l'onde de sol et le bond

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

FR-T20 Mesures et appareils de mesure

Branchement

Appareil	Branchement	Résistance interne idéale
Voltmètre	En parallèle	Très élevée
Ampèremètre	En série	Très faible
Ohmmètre	Circuit hors tension	—



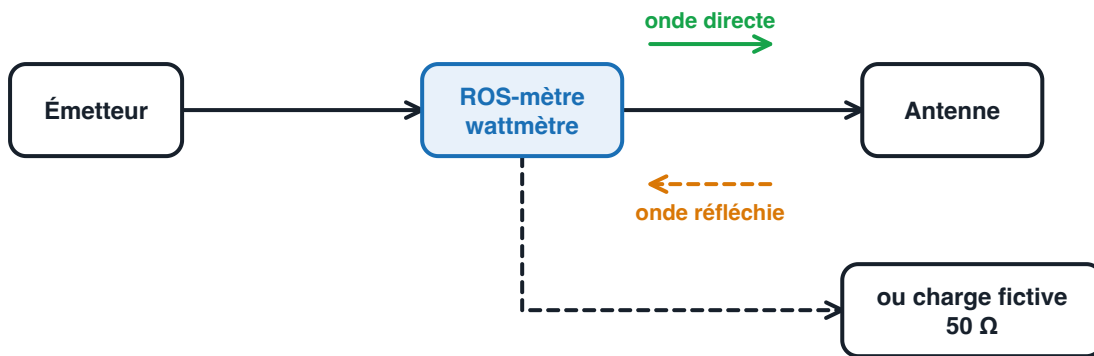
Ampèremètre : résistance interne très faible ; voltmètre : très élevée

Ampèremètre en série, voltmètre en parallèle

- Commencer une mesure inconnue sur le **calibre le plus élevé**.
- Un multimètre courant mesure la valeur efficace exacte seulement pour une sinusoïde : la **forme d'onde** et la **fréquence** influencent la mesure.
- L'appareil à **cadre mobile** mesure la valeur moyenne d'un courant continu.

Instruments

Instrument	Mesure
Oscilloscope	La forme d'un signal en fonction du temps (enveloppe HF)
Analyseur de spectre	L'amplitude en fonction de la fréquence (harmoniques)
Fréquencemètre (compteur)	La fréquence, en comptant les périodes
Ondemètre à absorption	Une fréquence approximative, un harmonique
Fréquencemètre à absorption (dip-mètre)	La fréquence de résonance d'un circuit LC
ROS-mètre (TOS-mètre)	Les puissances directe et réfléchie, inséré dans la ligne
Wattmètre + charge fictive 50 Ω	La puissance HF sans rayonner (moyenne ou de crête)

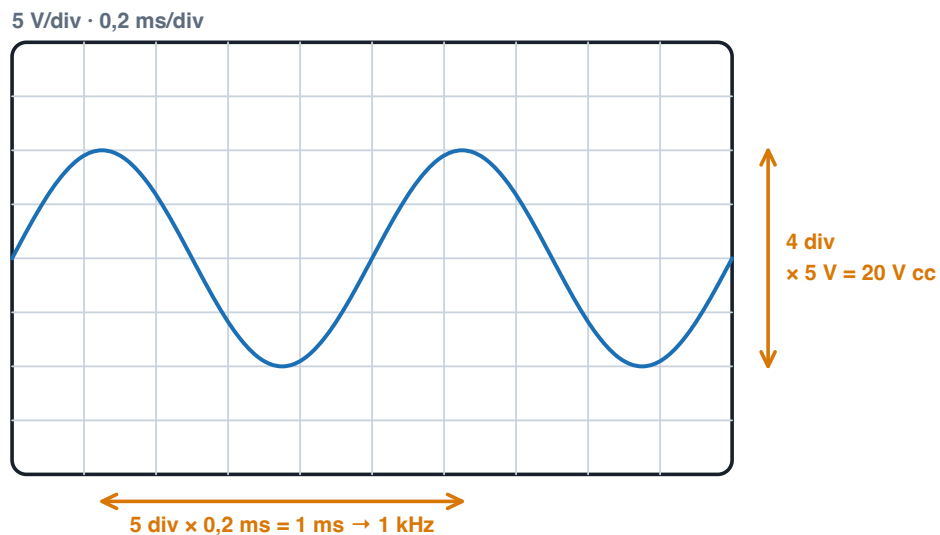


ROS = 1 : antenne parfaitement adaptée, aucune onde réfléchie

Le ROS-mètre dans la ligne

Lire un oscilloscope

- 4 divisions $\times$ 5 V/division = 20 V crête à crête.
- 5 divisions $\times$ 0,2 ms/division = 1 ms de période $\rightarrow$ 1 kHz.



Lire un oscilloscope

En BLU, la puissance de crête (PEP) dépasse la puissance moyenne.

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1, 2e partie (programme de technique).

Formules

Électricité

Grandeur	Formule
Loi d'Ohm	$U = R \times I$
Puissance	$P = U \times I = R \times I^2 = \frac{U^2}{R}$
Énergie	$W = P \times t$
Générateur réel	$U = E - r \times I ; I_{cc} = E/r$
Résistances en série	$R = R_1 + R_2 + \dots$
Résistances en parallèle	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$; deux : $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
Diviseur de tension	$U_2 = U \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
Condensateurs	Parallèle : $C = C_1 + C_2$; série : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
Bobines (sans couplage)	Série : $L = L_1 + L_2$; parallèle : $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$

Signaux et ondes

Grandeur	Formule
Fréquence et période	$F = 1/T$
Valeur efficace	$U_{eff} = U_{max}/\sqrt{2}$
Longueur d'onde	$\lambda = c/F ; \lambda \text{ (m)} = 300/F \text{ (MHz)}$
Doublet demi-onde	$\lambda/2 \approx 150/F \text{ (MHz)}$
Quart d'onde	$\lambda/4 \approx 75/F \text{ (MHz)}$
Indice de modulation FM	$m = \Delta F/f_{mod}$
Largeur de bande FM (Carson)	$B \approx 2(\Delta F + f_{mod})$

Composants et circuits

Grandeur	Formule
Réactance capacitive	$X_C = \frac{1}{2\pi FC}$
Réactance inductive	$X_L = 2\pi FL$
Fréquence de résonance	$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
Facteur de qualité	$Q = X_L/R = F_0/B$
Transformateur	$\frac{U_{sec}}{U_{prim}} = \frac{N_{sec}}{N_{prim}} ; \frac{I_{sec}}{I_{prim}} = \frac{N_{prim}}{N_{sec}}$

Grandeur	Formule
Transistor bipolaire	$I_C = \beta \times I_B$
Ligne quart d'onde	$Z_c = \sqrt{Z_1 Z_2}$

Décibels et puissances

Grandeur	Formule
Gain en dB	$G = 10 \log_{10}(P_2/P_1)$
Repères	3 dB = $\times 2$; 6 dB = $\times 4$; 10 dB = $\times 10$; 20 dB = $\times 100$
Rendement	$\eta = P_{\text{sortie}}/P_{\text{entrée}} \times 100 \%$
dBi et dBd	$G_{dBi} = G_{dBd} + 2,15$; PIRE $\approx$ PAR $\times 1,64$

Récepteurs

Grandeur	Formule
Fréquence intermédiaire	$FI = F_{OL} - F_{\text{reçue}} $
Fréquence image	$F_{\text{image}} = F_{\text{reçue}} \pm 2 \times FI$

Source : arrêté du 21 septembre 2000, annexe 1 (programme), formules citées et formules usuelles qui en découlent.

Licence

Auteur, contact et licence

Auteur : F4HWJ – Alexandre LE BRUN

Application gratuite : onairexam.com

Contact : contact@onairexam.com · www.qrz.com/db/F4HWJ

Ce cours est mis à disposition sous licence Creative Commons Attribution – Pas d'utilisation commerciale 4.0 International (CC BY-NC 4.0). Vous pouvez le copier, l'imprimer et l'utiliser librement, notamment pour la formation à la licence radioamateur dans les radio-clubs, à condition de citer son auteur (F4HWJ – Alexandre LE BRUN). Il ne peut pas être vendu. creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.fr