

Radio-Club de la Haute Île

F6KGL



F5KFF

**Port de Plaisance
Chemin de l'écluse
F-93330 Neuilly sur Marne**
<http://f6kgl.f5kff.free.fr/>

**PRÉPARATION aux
CERTIFICATS D'OPÉRATEUR
du SERVICE AMATEUR
de CLASSE 2 et 3**

Réglementation
et Technique

COURS et EXERCICES

par F6GPX



Édition juin 2008

Attention : ce document ne prend pas en compte les récents projets de modification des textes réglementaires français.

Une nouvelle version du cours sera disponible après publication des textes.

INTRODUCTION

Ce cours s'adresse essentiellement aux Radio-Clubs dispensant des cours de préparation à l'examen. Il couvre le programme des examens français des certificats d'opérateur du service amateur de classe 2 et 3. La partie Réglementation de l'examen ne nécessite aucune connaissance technique préalable. En revanche, pour la partie technique, les candidats se préparant seul devront avoir quelques connaissances en algèbre et en électricité.

Intro - 1) En France, les classes du certificat d'opérateur sont : **Novice (classe 3), Radiotéléphoniste (classe 2) et Radiotélégraphiste (classe 1)**. Seules les classes 1 et 2 sont des équivalents CEPT : les titulaires de ces certificats d'opérateur peuvent émettre sans formalité particulière dans la plupart des pays européens. *Bien qu'il existe une classe CEPT Novice depuis 2005, le certificat de classe 3 n'a pas d'équivalent CEPT.*

Certificat	CEPT	Examen	Puissances et modes autorisés
Classe 3 (Novice) F0	NON	Réglementation	10 W sur la bande 144-146 MHz - Modes autorisés : CW (A1A, A2A), AM (A3E), FM (G3E, F3E), BLU (J3E)
Classe 2 (Téléphoniste) F4 ou F1	OUI	Réglementation + Technique ou Classe 3 + Technique	Toutes bandes et tous modes sauf en télégraphie auditive (A1A, A2A, F1A, F2A) sur les bandes inférieures à 29,7 MHz ; 120 W au dessus de 30 MHz ; 250 W de 28 à 30 MHz ; 500 W en dessous de 28 MHz
Classe 1 (Télégraphiste) F8 ou F5	OUI	Régl.+Technique+Morse ou Classe 3+Technique+Morse ou Classe 2 + Morse	Toutes bandes et tous modes avec : 120 W au dessus de 30 MHz ; 250 W de 28 à 30 MHz ; 500 W en dessous de 28 MHz

Intro - 2) Les différentes parties de l'examen sont indépendantes. Il faut nécessairement réussir l'épreuve de réglementation pour obtenir un certificat d'opérateur et donc un indicatif d'appel. En revanche, le bénéfice des parties réussies est conservé pendant un an. Ainsi, un candidat se présentant pour la classe 2 (Réglementation + Technique) qui ne réussit que la partie Technique n'a à repasser que la Réglementation, la partie Technique lui étant acquise pour un an. Par contre, le même candidat ayant réussi l'épreuve de Réglementation aura un certificat d'opérateur de classe 3 (Novice) tant qu'il n'aura pas réussi la partie Technique.

Les épreuves de Réglementation et de Technique se passent sur un Minitel. L'ANFR prévoit le passage de l'examen sur micro-ordinateur pour fin 2008. Souhaitons que ce nouveau système rende les schémas et les graphiques plus compréhensibles que sur Minitel. Le programme de l'examen en lui-même ne sera pas modifié.

Chaque épreuve comporte 20 questions à choix multiples (une seule réponse possible pour chacune des questions) auxquelles il faut répondre dans le temps imparti. Le **décompte des points** est le même pour ces deux épreuves : 3 points pour une bonne réponse, -1 point pour une réponse fautive, aucun point pour aucune réponse. Pour chacune des deux épreuves, il faut obtenir une moyenne de 30/60.

Intro - 2-a) Épreuve de Réglementation :

L'épreuve sur "La Réglementation des radiocommunications et les conditions de mise en oeuvre des installations du service amateur" dure 15 minutes et comporte 20 questions.

ATTENTION : malgré son nom, l'épreuve de « Réglementation » nécessite quelques connaissances de base en matière de radioélectricité (notions sur brouillages et protections, antennes et lignes de transmission, gains et affaiblissements). **Dans les examens, en moyenne, près du quart des questions porte sur cette partie du programme : ne la négligez pas.**

Intro - 2-b) Épreuve de Technique :

L'épreuve de "Technique portant sur l'électricité et la radioélectricité" dure 30 minutes et comporte 20 questions.

Intro - 2-c) Épreuve de code Morse :

L'épreuve de lecture au son (télégraphie auditive nommée dans la suite de ce cours par l'abréviation radioamateur CW) se passe sur un micro-ordinateur. La vitesse est de **12 mots/minute** (soit 60 caractères/minute ou 720 mots/heure). L'examen porte sur les 26 lettres de l'alphabet (pas de caractères accentués), les 10 chiffres, les 7 signes de ponctuation suivants : =, +, /, ?, ,(virgule) ,, (point), '(apostrophe) ainsi que les signes VA (Fin de transmission), AS (Attente) et Erreur (.....).

L'épreuve de télégraphie auditive comporte un texte de 36 groupes de 5 lettres, chiffres ou signes (soit 3 minutes) suivi d'un texte en clair d'une durée de 3 minutes plus ou moins 5% (soit la longueur du présent paragraphe).

Les candidats devront avoir commis 4 fautes au maximum à chacune des deux parties.

Certains **certificats militaires** peuvent être convertis afin de dispenser les titulaires de l'épreuve de télégraphie (*annexe 2 de l'arrêté du 21/09/00*). Les épreuves de réglementation et de technique restent obligatoires.

Intro - 3) Les différents cas de figures selon les modules acquis lors de l'examen

Classe 3 : Réglementation = indicatif d'appel de type F0 :

Il faut nécessairement obtenir ce module, obligatoire pour toutes les classes de certificat d'opérateur. Une fois obtenu, cet examen n'a pas à être repassé quand l'opérateur change de classe.

Classe 2 : Réglementation + Technique = indicatif d'appel de type F4 :

- Si la Technique est obtenue mais pas la Réglementation, le candidat repart sans certificat d'opérateur mais la Technique est conservée pendant un an. Le candidat peut repasser la Réglementation un mois après.
- Si la Réglementation seule est obtenue, un certificat d'opérateur de classe 3 est délivré.

Classe 1 : Réglementation + Technique + CW = indicatif d'appel de type F8 :

- Si les épreuves de Technique et de CW sont réussies mais pas la Réglementation, le certificat d'opérateur n'est pas délivré mais les deux modules réussis (Technique et Morse) sont conservés pendant un an. Le candidat peut repasser la Réglementation un mois après.
- Si les épreuves de Réglementation et de CW sont réussies mais pas l'épreuve de Technique, un certificat d'opérateur de classe 3 est délivré et l'épreuve de CW est conservée pendant un an. Le candidat peut repasser la partie Technique un mois après l'examen.
- Si les épreuves de Réglementation et de Technique sont réussies mais pas la CW, un certificat d'opérateur de classe 2 est délivré. Le candidat peut repasser l'épreuve de CW un mois après l'examen.

Intro - 4) Stratégie pour passer le certificat d'opérateur de classe 2 et 3

Compte tenu du calcul des points lors de l'examen, il faut « assurer » un certain nombre de réponses.

- Si on ne répond qu'à 10 ou 11 questions, aucune faute n'est permise : $(10 \times 3) - 1 = 29 < 30$;
- Si on répond à 12 questions, une seule faute est possible : $(11 \times 3) - 1 = 32$
- **Si on répond à 13 questions, deux fautes sont permises** : $(11 \times 3) - 2 = 31$
- Si on répond à 14 questions, trois fautes sont autorisées : $(11 \times 3) - 3 = 30$

C'est l'objectif de **13 questions au minimum** dont on est certain de la réponse qu'il faut viser. Utilisez votre feuille de brouillon pour noter les n° de question auxquelles vous avez répondu (ou que vous avez passées).

Il ne faut pas répondre aux questions dont on n'est pas certain de la réponse.

Intro - 5) Modalités pratiques de l'examen

Pour passer l'examen, il n'y a **plus d'âge minimum** depuis l'arrêté du 21/09/00. Les examens se passent dans des centres d'examen qui dépendent du **SRR** (Service Régional de Radiocommunication). Il faut prendre un **rendez-vous** en téléphonant au centre d'examen que vous avez choisi. Les coordonnées des centres d'examen sont dans les annexes du cours. Pour confirmer le rendez-vous, le SRR vous envoie un dossier qu'il faut lui retourner accompagné d'un chèque (en 2008, taxe d'examen = 30 €, tarif inchangé depuis 1991 et quel que soit le nombre d'épreuves à passer). Le chèque doit avoir été encaissé pour pouvoir passer l'épreuve. **Le jour de l'examen, pensez à amener vos papiers d'identité ainsi que votre calculatrice (non programmable) et un crayon.** Le papier brouillon est fourni par le centre d'examen.

Si le candidat a un **taux d'invalidité** supérieur ou égal à 70%, les épreuves sont adaptées à son handicap et le temps de l'examen est triplé (45 minutes en réglementation, 1h30 en technique). Dans ce cas, l'épreuve peut se dérouler au domicile du candidat (se renseigner auprès du centre d'examen pour les modalités pratiques).

L'examen du certificat d'opérateur débute par l'épreuve de réglementation puis continue par celle de la technique. **Les résultats de ces deux épreuves ne sont connus qu'à la fin de l'examen : ne vous laissez pas dérouter par cette particularité et restez concentré.** Ne vous laissez pas dérouter non plus par le maniement du Minitel. Pour cela, utiliser 3614 AMAT sachant que la base de données des questions posées est très réduite et que le niveau des questions est faible par rapport à ce qui est demandé pour l'examen. Fin 2008, l'examen devrait se dérouler sur micro-ordinateur : la base de données des questions sera sans doute modifiée mais le programme de l'examen reste identique. L'environnement « Windows » modernisera l'examen.

Profitez des quelques minutes que passe le surveillant à paramétrer le matériel pour noter sur la feuille de brouillon qui vous a été fournie les principales formules (triangles de la loi d'ohm, rapports de transformation, etc.) et les tables de conversion (dB, multiples et sous multiples) : elles seront ainsi toujours sous vos yeux.

En cas de problème lors de l'examen (problème matériel ou question litigieuse), prévenez aussitôt le surveillant qui, seul, peut arrêter le décompte de temps et éventuellement permet de recommencer l'épreuve. **Aucune contestation ne sera recevable après la fin du décompte de temps ou après l'épreuve.** En cas de question litigieuse, notez la référence de la question (sur Minitel, en haut à gauche de l'écran « Ecr 000 ») car le centre d'examen ne semble pas en mesure de retrouver les questions qui vous ont été posées. Notez toutefois que le surveillant vous laisse rarement sortir de la salle d'examen avec vos notes et brouillons. Le personnel présent sur le lieu de l'examen est en général disponible et compréhensif.

L'épreuve de télégraphie est indépendante, se passe sur un micro-ordinateur et dure environ 10 minutes. Avant l'épreuve, un texte d'essai en clair de 2 à 3 minutes permet de se familiariser avec la tonalité et l'ensemble du matériel. Puis commence l'épreuve de télégraphie auditive avec ses deux parties de 3 minutes chacune.

A la fin des épreuves, le candidat est informé immédiatement du résultat. En cas de réussite, l'Arcep envoie rapidement (souvent la semaine suivante) au domicile du candidat le certificat d'opérateur et un dossier de demande d'indicatif à retourner au CGR (la référence du dossier comporte les 3 lettres de votre futur indicatif).

Le dossier doit être accompagné du règlement de la taxe annuelle (46 € en 2008, tarif inchangé depuis 1991).

L'indicatif d'appel, seul document permettant d'émettre, est envoyé au bout d'environ un mois après la réception du dossier par le CGR.

Si vous avez déjà un indicatif d'appel et que l'examen vous a permis de changer de classe d'opérateur, aucune formalité n'est à remplir : vous recevrez rapidement du CGR votre nouvel indicatif d'appel.

En cas d'**échec à l'une des épreuves**, le candidat doit attendre **un mois** avant de repasser l'examen mais il peut se réinscrire tout de suite (ce que nous conseillons de faire compte tenu du délai d'attente).

Intro - 6) Présentation du cours :

Ce cours se présente en deux parties réparties en sections, chapitres et paragraphes.

La première partie concerne la réglementation et est scindée en deux sections :

- la **réglementation** proprement dite (ensemble des textes français et internationaux) est subdivisée en 4 chapitres référencés R-1 à R-4
- les connaissances de base de **technique** sont regroupées dans le chapitre R-5. Les références de ce chapitre, notées entre parenthèses, sont celles des chapitres consacrés à la technique, objet de la deuxième partie.

Les mots-clés sont en gras souligné. Ces mots-clés permettent de repérer les notions importantes. *Les paragraphes ou les parties de texte en italique ne sont pas au programme de l'examen. Toutefois, des questions d'examen portant sur ces sujets ont été recensées.*

La seconde partie traite de la technique. Cette seconde partie est divisée en trois sections et treize chapitres numérotés de 0 à 12. Les connaissances à avoir pour passer l'examen se repèrent aux **polices de caractères utilisées**. Le texte définissant le programme de l'examen est parfois très vague et sujet à controverse. Quelques formules sont citées mais pas toutes : lors de l'examen, des questions peuvent être posées sur des formules non citées explicitement dans le texte. Ainsi, dans le cours, des polices de caractères différentes sont utilisées :

- les **formules à connaître** sont en gras. Les formules qui ne sont pas en gras ne sont pas à connaître mais permettent saisir mieux que par des phrases certaines notions et grandeurs.
- des **exemples** d'application sont signalés en retrait et présentés dans une police de caractères différente.
- les **mots-clés** sont en gras souligné. Ces mots-clés permettent de repérer les notions à connaître pour passer l'examen.
- *les paragraphes ou les parties de texte en italique ne sont pas à apprendre pour l'examen : ce sont des connaissances supplémentaires qui, à notre opinion, sont hors programme. Les mots-clés de ces parties sont en italique souligné, les formules en italique gras et les exemples d'application en Arial italique.*

De plus, en annexe à la fin du cours, les formules à connaître pour la partie technique sont reprises : il faut connaître et savoir utiliser non seulement ces formules mais aussi leurs variantes. Ainsi, les formules $U = R \times I$ et $P = U \times I$ doivent être maîtrisées ainsi que leurs variantes comme $I = U / R$, $I = P / U$ ou $P = U^2 / R$.

A la suite du cours, un recueil de **500 exercices** permet de mettre en application les différents sujets abordés dans le cours dans l'esprit des questions posées le jour de l'examen. Les sujets abordés sont séparés entre la technique et la réglementation (sauf dans les séries Progression), ce qui permet aux candidats se présentant au certificat d'opérateur Novice de se préparer. Le recueil d'exercices est composé de trois sections :

- Chapitre par chapitre (21 séries numérotées 1 à 21) ;
 - Progression (11 séries numérotées 22 à 32) ;
 - Réglementation (9 séries numérotées 33 à 41) et Technique (9 séries numérotées de 42 à 50) ;
- A la fin de ce recueil, des calculs en notation ingénieur sont présentés (1 feuille hors série).

En **complément de ce fascicule**, la page Formation du site du radio-club (<http://f6kg1.f5kff.free.fr/page04.html>) met à votre disposition des outils complémentaires. Entre autres, vous trouverez :

- un fichier nommé « Reglementation.pdf » contient les extraits des textes réglementaires français et internationaux en vigueur. Ce document permet de revenir à la source de l'information. Dans le cadre d'un radio-club, une seule édition de ce document pour l'ensemble du groupe est suffisante car l'essentiel de ces textes (ce qui est au programme de l'examen) est repris dans ce cours.

- une feuille de calcul Excel nommée « formules.xls » s'adresse plus particulièrement aux candidats travaillant seul la partie Technique. Ce fichier permet, dans un premier onglet, de vérifier les calculs effectués à partir d'une calculette. Le deuxième onglet de cette feuille permet de convertir en puissance de 10 des valeurs exprimées en multiple ou sous multiple et inversement.

Intro - 7) Conseils aux formateurs et aux candidats :

Les formateurs doivent, dans la mesure du possible, préparer leur intervention. Dans le cadre du radio-club F5KFF-F6KGL, l'ensemble de ce cours est dispensé en une année au rythme d'un soir par semaine pendant 1 heure ½ : c'est déjà un rythme assez soutenu pour des candidats n'ayant aucune connaissance.

Commencez par la Réglementation : les candidats seront prêts pour l'examen de classe 3 au bout de trois mois. En débutant en septembre, l'objectif d'un indicatif F0 pour Noël est raisonnable.

La partie Technique du cours est moins « linéaire » que la partie Réglementation : si la première section du cours de technique est longue et, pour certains, décourageante, la seconde section est beaucoup plus simple car il y a peu de formules à apprendre. Quant à la dernière section, elle est, de loin, la plus intéressante et c'est celle qui amène le plus de questions : les formateurs devront souvent recentrer les débats.

Pendant le cours, faites des exercices et expliquez les réponses au tableau. Au besoin, revenez sur un chapitre ou une partie du cours. Enfin n'insistez pas sur les paragraphes en italique : ils sont là pour les candidats (et les formateurs) qui veulent aller plus loin et peu de questions, voire aucune, portent sur ces points.

En ce qui concerne les **calculettes**, optez pour des modèles de type **collège** et, si possible, non programmable car le jour de l'examen, même si la mémoire de la calculette est « vide », le responsable du centre d'examen pourrait vous interdire de vous en servir et, dans ce cas, vous fournira une autre calculette que vous ne connaissez pas.

Choisissez une calculette qui accepte l'affichage en mode Ingénieur et la saisie en écriture naturelle. Mais combiner ce choix avec l'absence de mémoire programmable rend la recherche du matériel assez difficile... A titre d'information, la TI 30 X II B et la Casio FX-82 répondent à ces critères. D'autres marques moins connues proposent des calculettes convenant parfaitement à notre usage et pour des prix souvent inférieurs. Chacun peut avoir une calculette différente mais chacun doit connaître parfaitement toutes les touches de fonction et la manière d'utiliser son matériel. Pour le fonctionnement des calculettes, se reporter au § 0.3.

Pour l'épreuve de réglementation, la calculette n'est théoriquement pas nécessaire mais elle sera bien utile pour les quelques calculs demandés (qui devraient, en toute logique, pouvoir s'effectuer « de tête »).

Intro – 8) Plan du cours :

Première Partie- RÉGLEMENTATION

Section A : Réglementation

- R-1) Classes d'émission et conditions techniques
 - R-1.1) environnement réglementaire
 - R-1.2) classes d'émission
 - R-1.3) conditions techniques d'émission
- R-2) Fréquences et les puissances autorisées
 - R-2.1) fréquences attribuées
 - R-2.2) puissances et classes d'émission autorisées
- R-3) Code Q et alphabet international
 - R-3.1) table internationale d'épellation et code Morse
 - R-3.2) abréviations en code Morse et code Q
 - R-3.3) déroulement d'un contact
 - R-3.4) teneur des conversations
- R-4) Conditions d'exploitation et indicatifs d'appel
 - R-4.1) carnet de trafic
 - R-4.2) cas particuliers d'exploitation
 - R-4.3) opérateurs
 - R-4.4) sanctions
 - R-4.5) conditions particulières de l'examen
 - R-4.6) formation des indicatifs d'appel français
 - R-4.7) utilisation de l'autorisation d'émettre dans les pays de la CEPT
 - R-4.8) histoire de la réglementation du radioamateurisme en France

Section B : Connaissances techniques de base

- R-5.1) puissance, rapports de puissance et décibel (dB)
- R-5.2) type d'antennes et caractéristiques
- R-5.3) lignes de transmission
- R-5.4) brouillages et protections des équipements électroniques
- R-5.5) protections électriques

Deuxième Partie - TECHNIQUE

- 0) Rappel de mathématique et d'algèbre
 - 0.1) transformation d'équations
 - 0.2) puissances de 10, multiples et sous-multiples
 - 0.3) utilisation d'une calculatrice

Section A : Bases d'électricité et composants passifs

- 1) Lois d'Ohm et de Joule
 - 1.1) bases de l'électricité
 - 1.2) lois d'Ohm et de Joule
 - 1.3) autres unités
 - 1.4) résistivité
 - 1.5) code des couleurs
 - 1.6) loi des nœuds et des mailles
 - 1.7) groupements série et parallèle (ou dérivation)
 - 1.8) autres exemples d'application avec des résistances
- 2) Courants alternatifs, bobines et condensateurs
 - 2.1) courants alternatifs
 - 2.2) valeur maximum, efficace, moyenne, crête à crête
 - 2.3) bobines et condensateurs
 - 2.4) charge, décharge et constante de temps pour les condensateurs
 - 2.5) calcul de l'impédance des bobines et condensateurs non parfaits
- 3) Transformateurs, piles et galvanomètres
 - 3.1) transformateur
 - 3.2) transformateur non parfait
 - 3.3) piles et accumulateurs
 - 3.4) galvanomètre, voltmètre et ampèremètre
 - 3.5) qualité des voltmètres
 - 3.6) ohmmètre et wattmètre
 - 3.7) microphone, haut-parleur et relais électromécanique
- 4) Décibel, circuits R-C et L-C, loi de Thomson
 - 4.1) décibel (dB)
 - 4.2) circuits R-C
 - 4.3) circuits L-C
 - 4.4) circuits bouchon et série RLC
 - 4.5) filtre en pi
 - 4.6) autres calculs à partir des formules de ce chapitre

Section B : Les composants actifs et leurs montages

- 5) Les diodes et leurs montages
 - 5.1) diodes
 - 5.2) courbes et caractéristiques de fonctionnement des diodes
 - 5.3) montages des diodes
 - 5.4) alimentation
- 6) Les transistors
 - 6.1) transistors
 - 6.2) gain des transistors
 - 6.3) montages des transistors
 - 6.4) transistors FET
 - 6.5) diodes thermoïoniques
 - 6.6) autres tubes thermoïoniques

- 7) Amplificateurs, oscillateurs et mélangeurs
 - 7.1) classes d'amplification
 - 7.2) résistance de charge
 - 7.3) liaisons entre les étages
 - 7.4) amplificateurs radiofréquences (R.F.)
 - 7.5) oscillateurs
 - 7.6) multiplicateurs de fréquence
 - 7.7) mélangeurs
- 8) Amplificateurs opérationnels et circuits logiques
 - 8.1) caractéristiques des amplificateurs opérationnels
 - 8.2) montage fondamental des amplificateurs opérationnels
 - 8.3) autres montages des amplificateurs opérationnels
 - 8.4) circuits logiques
 - 8.5) système binaire

Section C : Radioélectricité

- 9) Propagation et antennes
 - 9.1) relation longueur d'onde/fréquence
 - 9.2) propagation
 - 9.3) propagation en ondes réfléchies
 - 9.4) antenne doublet demi-onde alimenté au centre (dipôle)
 - 9.5) antenne quart d'onde (ground plane)
 - 9.6) antenne Yagi
 - 9.7) gain d'une antenne
 - 9.8) puissance apparente rayonnée
 - 9.9) angle d'ouverture
 - 9.10) compléments sur les antennes
- 10) Lignes de transmission et adaptations
 - 10.1) lignes de transmissions (feeders)
 - 10.2) impédance et coefficient de vélocité
 - 10.3) adaptation, désadaptation et ondes stationnaires
 - 10.4) lignes d'adaptation et symétriseurs
- 11) Les synoptiques
 - 11.1) récepteur sans conversion de fréquence (amplification directe)
 - 11.2) récepteur avec fréquence intermédiaire (FI)
 - 11.3) fréquence image
 - 11.4) sensibilité d'un récepteur
 - 11.5) émetteur
 - 11.6) compatibilité électromagnétique (CEM)
 - 11.7) intermodulation, transmodulation et bruit
- 12) Les différents types de modulations
 - 12.1) schématisation des différents types de modulations
 - 12.2) modulateurs et démodulateurs
 - 12.3) modulation d'amplitude (AM)
 - 12.4) modulation de fréquence (FM)
 - 12.5) manipulation par coupure de porteuse (CW)
 - 12.6) bande latérale unique (BLU)

Troisième Partie – ANNEXES et EXERCICES

principales formules à connaître pour passer l'examen

feuille d'évaluation

bibliographie, adresses et coordonnées

recueil d'exercices (50 séries de 10 exercices)

- Introduction

- o Présentation du recueil d'exercices
- o Liste des thèmes par séries et des questions par références
- o Programme de l'examen de classe 2 et de classe 3

- Chapitre par chapitre (21 séries numérotées 1 à 21)

- Progression (11 séries numérotées 22 à 32)

- Réglementation (9 séries numérotées 33 à 41) et Technique (9 séries numérotées 42 à 50)

- Hors série : calculs en notation ingénieur

PREMIÈRE PARTIE

RÉGLEMENTATION

Section A : Réglementation

1) CLASSES D'ÉMISSION et CONDITIONS TECHNIQUES

R-1.1) Environnement réglementaire : trois niveaux réglementaires se superposent et se complètent.

Au niveau international

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT), dont le siège est à Genève, est chargée des télécommunications par les Nations Unies (ONU). Au sein de l'UIT, la normalisation des télécommunications est traitée par l'UIT-T, leur développement par l'UIT-D et les radiocommunications par l'UIT-R. L'UIT-R édite le Règlement des Radiocommunications (RR, Radio Regulations en anglais), traité international ratifié par la France, qui constitue la base des réglementations nationales et européennes. L'édition 2004 du RR comprend 58 articles (S1 à S59) subdivisés en dispositions, 24 appendices (A1 à A40), les recommandations qui orientent les travaux des commissions et les résolutions prises en assemblée plénière.

L'article S1 définit la terminologie utilisée. En particulier, la disposition 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 ». La disposition 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 définit les conditions d'exploitation des stations du service amateur. Les dispositions de cet article précisent notamment : l'indicatif d'appel est attribué par l'administration de chaque pays après vérification des aptitudes des opérateurs ; les communications se font en langage clair ; il est interdit de transmettre des communications pour les tiers sauf en cas d'urgence.

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 œuvre de réseaux souples et fiables). La récente résolution 646 (WRC03) recommande l'utilisation de fréquences UHF et une harmonisation par région. La nouvelle disposition S25-9A (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 une Conférence Mondiale 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) détermine les règles d'affectation des fréquences. Lors des WRC, chaque utilisateur du spectre radioélectrique et chaque administration envoie 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 (le REF pour la France). 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 WRC-97 (édition 1998 du RR) a renuméroté les articles et dispositions du RR. La WRC-03 a décidé de ne plus exiger la connaissance du code Morse pour émettre sur les fréquences inférieures à 30 MHz. La dernière WRC a eu lieu en octobre 2007 à Genève et la prochaine WRC est programmée en 2010 (lieu à définir).

Au niveau européen

La Conférence Européenne des administrations des Postes et Télécommunications (CEPT), créée en 1959, rassemble les autorités réglementaires des pays de l'Union Européenne et au-delà. L'Office Européen des Radiocommunications (ERO, basé à Copenhague) est l'organe permanent de la CEPT qui assure la logistique des réunions. Le Comité des Communications Électroniques (ECC) regroupe depuis 2001 les comités ERC (Comité Européen Radiocommunications) et ECTRA (Comité Européen des Affaires de Normalisation des Télécommunications) et adopte les recommandations et les décisions préparées par les groupes de travail. Une recommandation n'est qu'une incitation pour les États membres à adopter un comportement particulier alors qu'une décision est applicable sans transposition dans le droit national. Les radioamateurs, représentés par l'IARU, participent avec un statut d'observateur aux groupes de travail traitant des radiocommunications.

La **recommandation T/R 61-01**, signée en 1985, établit la **libre circulation** des radioamateurs sans formalité administrative dans les pays membres de la CEPT. La **recommandation T/R 61-02** date de 1990 et fixe une harmonisation des réglementations nationales en matière de certificats d'opérateur du service amateur. Ce texte préconise notamment un programme détaillé de réglementation et de technique (**HAREC**). Ces recommandations ont déjà été révisées plusieurs fois : les dernières révisions (Vilnius pour T/R 61-02 et Nicosie pour T/R 61-01) sont liées à la suppression de l'examen de CW et reconnaissent un seul niveau de certificat d'opérateur au lieu de deux précédemment (CEPT A et CEPT B).

Le rapport ERC 32 (signé à Helsinki en septembre 2005) traite du programme du certificat d'opérateur CEPT Novice. La recommandation ECC (05) 06 (signée en octobre 2005) établit la libre circulation des radioamateurs novices dans les pays membres de la CEPT. A ce jour, peu de pays européens ont mis en application ces textes et la France ne les applique pas : le certificat d'opérateur de classe 3 n'est pas un certificat CEPT Novice.

Au niveau national

Notre activité est régie par le **Code des Postes et Communications Électroniques** (CP&CE), nouvelle dénomination du Code des Postes et Télécommunications depuis la Loi sur les Communications Électroniques (LCE) de 2004. Ce code, très ancien, a été plusieurs fois remanié ces dernières années.

L'article **L33-3 du CP&CE** définit 3 catégories de réseaux indépendants par opposition aux réseaux ouverts au public définis au L33-1. Les installations de radioamateurs relèvent de la **1^{ère} catégorie** définie ainsi : « installations radioélectriques n'utilisant pas des fréquences spécifiquement assignées à leur utilisateur ». Parmi les 5 catégories d'installations utilisant des fréquences radioélectriques définies à l'article **D406-7 du CP&CE**, la **3^{ème} catégorie** correspond exclusivement aux installations de radioamateurs.

L'article **L41-1 du CP&CE** indique que « l'utilisation de fréquences radioélectriques en vue d'assurer soit l'émission, soit à la fois l'émission et la réception de signaux est soumise à **autorisation administrative** » et que « l'utilisation (...) de fréquences radioélectriques (...) constitue un mode d'**occupation privatif du domaine public** de l'État ».

La loi 86-1067 relative à la liberté de communication précise, dans son article 22, que le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel (CSA) « prend les mesures nécessaires pour **assurer une bonne réception des signaux** [de radiodiffusion] ».

L'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes (ARCEP, anciennement ART jusqu'en mai 2005) est un organe indépendant (**art L130 du CP&CE**) composé de 7 membres non révocables et nommés pour 6 ans en raison de leur qualification. L'Arcep est consultée sur les projets de loi, de décret ou de règlement relatifs au secteur des communications électroniques et des postes et participe à leur mise en oeuvre.

En vertu de l'article **L41 du CP&CE**, le **Premier Ministre** arrête le partage du spectre radioélectrique dans le Tableau National de Répartition des Bandes de Fréquences (TNRBF) qui **définit les fréquences** dont l'assignation est confiée au CSA (TV et radio FM), aux services de l'État (Défense, aviation civile, ...) ou à l'Arcep (autres utilisateurs dont le service d'amateur). L'Arcep assigne aux utilisateurs les fréquences nécessaires à l'exercice de leur activité et veille à leur bonne utilisation (**art L36-7 du CP&CE**). La **décision ART 97-452** est le texte principal concernant l'**attribution des fréquences au service amateur**.

L'Arcep fixe les conditions techniques d'utilisation des fréquences dont l'assignation lui a été confiée (**art L42 du CP&CE**). La **décision ART 00-1364** fixe les **conditions d'utilisation** des installations de radioamateurs. La **décision ART 04-316** autorise les opérateurs de classe 2 à trafiquer sur les bandes inférieures à 30 MHz. Ainsi, l'Arcep est qualifiée de **Tutelle** bien qu'elle ne soit compétente ni pour l'examen ni pour la gestion des indicatifs.

En vertu de l'article **L42-4 du CP&CE**, le ministre chargé des communications électroniques (actuellement, le ministre délégué à l'industrie qui dépend du ministre de l'économie et des finances) fixe les conditions d'obtention du certificat d'opérateur et les modalités d'attribution des indicatifs utilisées par les stations radioélectriques. En fait, c'est le Premier Ministre qui a signé l'**arrêté du 21/09/00** fixant les **conditions d'obtention des certificats d'opérateur** du service amateur (programme des examens et formation des indicatifs d'appel). Au sein du ministère délégué à l'industrie, la **Direction Générale des Entreprises** (DGE), créée début 2005, a repris les missions précédemment confiées à la DiGITIP et, en particulier, la mission de conseil auprès du ministre pour toutes les questions touchant aux communications électroniques.

L'**Agence Nationale des Fréquences** (ANFR) est un établissement public à caractère administratif créé en 1997, en même temps que l'ART (devenue ARCEP), et est issu du regroupement des entités DGPT, CCT et SNR, rattachées auparavant à différents ministères. L'ANFR « a pour mission d'assurer la planification, la gestion et le contrôle d'utilisation (...) des fréquences radioélectriques » (**art L43 du CP&CE**). « L'ANFR organise les examens (...) et gère les indicatifs » (**art R20-44-11 14° du CP&CE**). Ces deux missions sont assumées par les **Services Régionaux des Radiocommunications** (SRR) et le **Centre de Gestion des Radiocommunications** (CGR), services qui dépendent de l'ANFR.

Les textes français régissant notre activité (décisions ARCEP et arrêté du 21/09/00) seront prochainement modifiés. Ce « toilettage » est nécessaire pour les mettre en cohérence avec les autres textes réglementaires. Le présent cours ne tient pas compte des différents projets de textes dont aucun n'a été publié à ce jour (01/07/08).

R-1.2) Les classes d'émission sont définies à l'appendice A1 du RR par trois caractères : le 1^{er} caractère est une lettre indiquant le **type de modulation** ; le 2^{ème} caractère est un chiffre indiquant la **nature du signal modulant** ; enfin, le 3^{ème} caractère est une lettre indiquant le **type d'information transmis**. *Des informations concernant la bande passante nécessaire (préfixe à 4 caractères) et des compléments sur le type d'information transmis (suffixe à 2 lettres) sont prévus mais ne sont ni utilisés par les radioamateurs ni à connaître pour l'examen.*

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)	A Télégraphie auditive
C Amplitude (bande latérale résiduelle)	2 Une seule voie avec sous porteuse modulante	B Télégraphie automatique
F Fréquence	3 Analogique	C Fac-similé (image fixe)
G Phase	7 Numérique (plusieurs voies)	D Transmission de données
J Amplitude-BLU porteuse supprimée		E Téléphonie
R Amplitude-BLU porteuse réduite		F Télévision (vidéo)

La **définition d'une classe d'émission** ne se dit 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, 3^{ème} caractère), puis la modulation (première lettre, 1^{er} caractère) et enfin la nature 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.

La modulation de fréquence et la modulation de phase sont si proches que, souvent, il est difficile de faire la différence. Lorsque la nature du signal modulant est codée 1 ou 2, il s'agit d'« une seule voie contenant de l'information numérique ou quantifiée avec (ou sans) emploi de sous porteuse modulante ». En CW, l'information est quantifiée car la longueur des traits est trois fois plus grande que la longueur des points. Dans les modes digitaux, l'information est numérique et l'utilisation d'une sous-porteuse modulante (code 2) permet de distinguer les 0 et les 1 transmis à la suite les uns des autres. L'emploi du code 7 signifie que les données numériques sont transmises « en parallèle » sur plusieurs voies. Enfin, une distinction est faite entre les images fixes (fac-similé, C) et la vidéo (télévision, F).

Exemples de définition de classe d'émission :

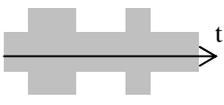
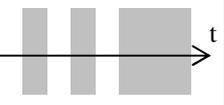
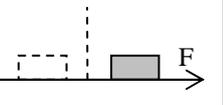
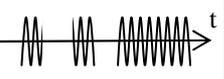
- A1A** = Télégraphie auditive ; modulation d'amplitude par tout ou rien sans emploi de sous porteuse modulante (= CW manipulée avec une « pioche »)
- A1B** = Télégraphie automatique ; modulation d'amplitude par tout ou rien sans emploi de sous porteuse modulante (= CW générée par une machine comme, par exemple, un micro-ordinateur)
- F2A** = Télégraphie auditive ; modulation de fréquence ; une seule voie avec sous porteuse modulante (= CW en FM : classe d'émission utilisée pour un récepteur FM car la sous porteuse restitue la tonalité CW)
- 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)
- J3C** = Fac-similé ; modulation d'amplitude BLU, porteuse supprimée (par exemple : SSTV en BLU car, malgré son nom, la SSTV transmet des images fixes et non pas des images vidéo au sens du code F)

Conformément à l'annexe de la décision ART 04-316, les **opérateurs de classe 1 et 2** peuvent émettre dans les **31 classes d'émission** récapitulées dans le tableau ci-dessous. Les **opérateurs de classe 3** n'ont droit qu'aux **6 classes d'émission** édités en gras souligné. Les modes digitaux sont donc interdits aux Novices. La **télégraphie auditive** (terminant par A) est autorisée pour tous dans les bandes attribuées sauf aux opérateurs de classe 2 sur les fréquences inférieures à 30 MHz (*renvoi 5 de l'annexe à la décision ART 04-316*).

Type d'information transmis		B : Télégraphie automatique		A : Télégraphie auditive		D : Transmission de données		C : Fac-similé	E : Téléphonie	F : Télévision	
Modulation	Amplitude	J7B	A1B	A2B	A1A	A2A	A1D	A2D	A3C	A3E	A3F - C3F
	Fréquence/Phase		F1B	F2B	F1A	F2A	F1D-G1D	F2D-G2D	F3C - G3C	F3E - G3E	F3F - G3F
	Amplitude-BLU					J1D		R3D	J3C - R3C	J3E - R3E	
Nature du signal modulant		Numérique (2 voies ou +)	sans avec sans avec		sans avec		sans avec		(analogique)		
			une seule voie contenant de l'information quantifiée ou numérique avec/sans sous porteuse modulante								

D'autres types de modulation existent (bande latérale unique avec porteuse entière, trains d'impulsions, amplitude en quadrature, ...) et des combinaisons autres que celles ci-dessus peuvent être envisagées. L'Arcep peut autoriser ces autres classes d'émission pour une durée maximale de 3 mois sous réserve d'en avoir été informé préalablement. Ces **émissions expérimentales** sont limitées à 1 watt de puissance crête (*renvoi 3 de l'annexe à la décision ART 04-316*).

Dans la partie réglementation de l'examen, aucune notion de ce qu'est une modulation n'est demandée, ni la connaissance technique des classes d'émission en général. Toutefois, quelques questions portent sur la représentation des modulations. Ces questions, à mon opinion hors programme, sont détaillées au § 12.1. La représentation des modulations devrait être plus compréhensible lorsque l'examen se passera sur un micro-ordinateur (annoncé pour fin 2008).

Type de modulation	AM (A et C)	CW (A)	BLU (J)	FM (F et G)
Représentation type Minitel				
Représentation classique				

R-1.3) Conditions techniques (article 4 et annexes II et III de la décision 00-1364). A l'examen, de nombreuses questions portent sur cette section mais peu de calculs sont demandés.

Le matériel d'émission doit avoir les **caractéristiques suivantes** :

- La **fréquence émise doit être connue et repérée** avec une **précision de ± 1 kHz** pour les fréquences inférieures à 30 MHz ou de **$\pm 10^{-4}$ ($\equiv 1/10.000$)** de la fréquence au dessus de 30 MHz. La précision sera au moins équivalente pour les fréquences supérieures à 1.260 MHz, selon l'état de la technique du moment. En l'absence d'un fréquencemètre affichant la fréquence d'émission avec la précision indiquée, le vernier de l'oscillateur sera gradué selon la bande utilisée (tous les kHz en dessous de 30 MHz). Attention à la présentation de ces données sur le Minitel qui n'accepte pas les polices de caractères « exposant » : la précision pour les fréquences supérieures à 30 MHz sera écrite « +/- 10⁻⁴ » : il faut savoir traduire...

- La **stabilité** des fréquences émises doit être telle que la dérive de fréquence ne doit pas excéder **5×10^{-5} ($\equiv 1/20.000$)** de la valeur initiale au cours d'une période de fonctionnement continu de 10 minutes après 30 minutes de mise sous tension ininterrompue (durée de chauffe). Même commentaire que pour la précision de la fréquence émise : sur le Minitel, la stabilité sera écrite « +/- 5 x 10⁻⁵ ».

- La **bande occupée** en FM (ou **excursion**) ne doit pas dépasser 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 (pas de limite fixée comme en FM).

En limite de bande, il faut tenir compte des trois paramètres précédents (précision relative du repérage, dérive possible des oscillateurs et largeur de bande transmise) pour que l'émission reste dans la bande attribuée.

- Les **rayonnements non essentiels** admissibles au-dessus de 40 MHz, mesurés à l'entrée de la ligne d'alimentation de l'antenne, doivent être inférieurs à **-50 dB** pour une puissance de moins de 25 W et **-60 dB** au delà.

Exemple : pour une émission en FM sur 144 MHz, quelles doivent être la précision, la stabilité et l'excursion ?

Réponse :

La précision de l'affichage au dessus de 30 MHz doit être au moins de $\pm 144 / 10000 = 0,0144$ MHz = 14,4 kHz

La stabilité doit être meilleure que : $144 / 20000 = 0,0072$ MHz = 7,2 kHz

L'excursion au dessus de 30 MHz doit être au plus de $\pm 7,5$ kHz (si bien que la bande occupée par un tel signal est au plus de 15 kHz).

Attention aux transformations des multiples du hertz : 1 kHz = 1.000 Hz ; 1 MHz = 1.000 kHz = 1.000.000 Hz

La station doit être équipée des **matériels et instruments de mesure** suivants :

- Les émetteurs doivent être équipés d'au moins un **indicateur de la puissance** fournie à l'antenne (wattmètre) et d'un **indicateur du rapport d'ondes stationnaires** (ROS-mètre, aussi appelé réflectomètre).

- Les stations doivent également disposer d'une **charge non rayonnante** (appelée aussi antenne fictive) au moyen de laquelle les émetteurs doivent être réglés. Notez que le terme de « charge fictive », souvent utilisé, est impropre car la charge ne doit pas être fictive mais bien réelle ; en revanche, la charge ne doit pas rayonner.

- Pour régler les émetteurs en classe J3E ou R3E (BLU), la possession d'un **générateur deux tons** est obligatoire. En revanche, la possession de matériel pour vérifier que l'émetteur est bien réglé et ne génère pas d'harmoniques (appareil de mesure nommé « analyseur de spectre ») n'est pas obligatoire...

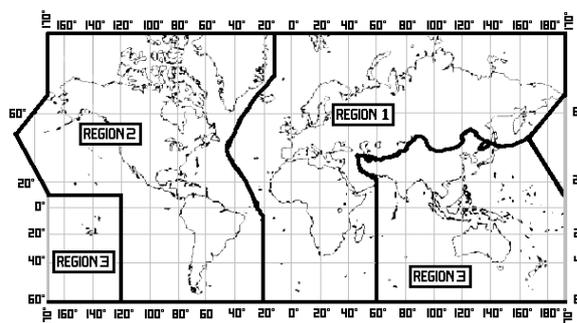
- **Le filtrage de l'alimentation** de l'émetteur **est obligatoire**. Les perturbations réinjectées dans le réseau de distribution électrique et mesurées aux bornes d'un réseau fictif en V de 50 Ω ne devront pas dépasser **2 mV** pour des fréquences **entre 0,15 et 0,5 MHz et 1mV entre 0,5 et 30 MHz**. Les valeurs définies ci-dessus sont issues de la norme EN55011 classe B : Instruments Scientifiques et Médicaux (appelés aussi « appareils ISM ») à usage domestique - caractéristiques des perturbations radioélectriques - limites et méthodes de mesure. La classe A de cette norme européenne est plus contraignante et s'adresse à des appareils à usage professionnel.

2) FRÉQUENCES et PUISSANCES AUTORISÉES

R-2.1) Fréquences attribuées en Région 1 et en Région 2 :

Le tableau présenté à la page suivante est une synthèse des décisions ART 97-452 et 00-389, du Registre des Utilisations de Fréquences édité par l'Arcep et du chapitre 3 de l'arrêté du 25 mars 2004 du Premier Ministre relatif au tableau national de répartition des bandes de fréquences.

Pour l'examen, il faut connaître les 3 séries de bandes attribuées avec leurs statuts : Région 1, Région 2 et Satellite. Peu de questions sur les bandes supérieures à 1300 MHz sont recensées. En revanche, de nombreuses questions portent sur les limites de bandes, leur statut et leur largeur. Attention à la présentation des nombres (ne pas confondre le point de séparation de milliers et la virgule décimale) et aux multiples utilisés (pièges fréquents) : kHz (kilohertz), MHz (mégaHertz, 1 MHz = 1000 kHz) ou GHz (gigaHertz, 1 GHz = 1000 MHz). Une bande peut être désignée par une fréquence (« bande des 7 MHz ») ou une longueur d'onde (« bande des 40 mètres »), voir au §R-5.2 pour la transformation de la longueur d'onde en fréquence et inversement. Des questions portent sur les gammes d'ondes (nom, plages de fréquences ou de longueur d'onde, initiales de la gamme d'onde en anglais). Ces dernières questions sont, à mon opinion, hors programme ; c'est pourquoi cette information est donnée en italique dans le tableau présenté à la page suivante.



Le RR (art. S5-2 à S5-9) découpe le globe terrestre en **3 régions** : 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. Certains DOM-TOM sont en Région 2 ou 3 et les fréquences attribuées ne sont pas les mêmes qu'en métropole. Les Départements d'Outre-Mer situés en Région 2 sont la Guyane, la Martinique et la Guadeloupe. La Réunion est en

Région 1, comme la France continentale et la Corse. L'Arcep ne gère que la France métropolitaine, les DOM et quelques TOM, tous situés en région 1 ou 2. C'est pourquoi, dans le tableau des fréquences autorisées qui suit, la région 3 n'est pas mentionnée.

Le service d'amateur (noté AMA dans le tableau d'affectation des fréquences du RR) **est toujours différencié du service d'amateur par satellite**. Les bandes attribuées au service amateur par satellite sont aussi attribuées au service amateur en Région 1 et 2 avec le même statut (sauf bandes des 70, 13 et 9 cm : différenciation région 1 / région 2). Les liaisons bilatérales (notées AMS dans le RR) sont distinguées des liaisons unilatérales de la Terre vers l'Espace (notées AMT dans le RR et "T>E" dans le tableau ci-dessous) ou de l'Espace vers la Terre (notées AME dans le RR et "E>T" dans le tableau ci-dessous). Le trafic par satellite est autorisé sur toutes les bandes à partir du 40 m (sauf pour les bandes des 30 m, 6 m, 1,35 m et 2,4 m) mais souvent pas sur la bande entière et parfois (bandes des 70, 23 et 5 cm) dans un sens seulement (E>T ou T>E).

Les titulaires d'un certificat d'opérateur de **classe 3 (Novice)** ne peuvent utiliser que la bande 144 – 146 MHz, même en région 2 où la bande est plus large. Les titulaires d'un certificat d'opérateur de classe 1 et 2 peuvent utiliser toutes les bandes. Toutefois, les opérateurs de classe 2 ne peuvent pas émettre en télégraphie auditive (classe d'émission terminant par A) sur les fréquences inférieures à 30 MHz (voir aussi §R-2.2).

En région 2, les bandes attribuées au trafic radioamateur **sont parfois plus larges** (bandes des 160, 80, 40, 2 m, 13 et 5 cm). De plus, deux bandes sont attribuées uniquement en région 2 (bandes des 135 et 9 cm). Enfin, sur la bande des 70 cm, en Guyane et aux Antilles, l'émission est interdite de 433,75 à 434,25 MHz

Avec la Décision ART 97-452, l'administration n'impose plus de bandes de fréquences pour les classes d'émissions particulières, ce qui n'empêche pas les stations de respecter les plans de bandes définis par l'IARU.

L'attribution des fréquences de 9 kHz à 275 GHz entre les différents services est gérée par l'UIT. De 275 à 3.000 GHz, bande peu explorée couvrant le début des infra-rouges lointains (IR_C), l'UIT ne fait que des recommandations pour protéger les travaux de recherche en mode passif (radioastronomie et recherche spatiale). L'UIT devrait attribuer une partie de ce spectre (jusqu'à 1000 GHz) lors de WRC07.

L'attribution des bandes au service amateur jusqu'à 10 GHz est issue, à quelques modifications près, de la conférence d'Atlantic City (1947). Les bandes des 10, 18 et 24 MHz (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. Quelques pays européens ont anticipé cette extension en attribuant dès à présent la bande 7,1-7,2 MHz avec un statut secondaire. Une décision de l'Arcep (comme la décision ART 00-389 pour le 136 kHz) transcrira cette résolution en droit français.

Statuts des bandes (notés entre parenthèses après la bande attribuée dans le tableau ci-dessous) :

- A** Bande attribuée en **exclusivité** au service d'amateur avec une catégorie de **service primaire** conformément au RR (*disposition S5-25*). Un service est primaire dès qu'une bande est attribuée en exclusivité à ce service.
- B** **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 au RR (*dispositions S5-43 et S5-43A*) qui prévoit que « 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 ». Seules 4 bandes ont ce statut, les autres bandes ont un statut soit exclusif soit secondaire.
- C** **Bande partagée avec d'autres services** de radiocommunication primaires ou secondaires : services d'amateur avec une catégorie de **service secondaire** conformément au RR (*dispositions 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 causés par les stations d'un service primaire (...) mais ont le droit à la protection contre les brouillages préjudiciables causés par les stations de ce service secondaire ou des autres services secondaires ».

Longueur d'onde gamme / onde	Limites (en MHz) et Statuts des bandes attribuées au service amateur			
	Région 1	Région 2	Satellite	Commentaires
<i>VLF – myriamétrique – longueur d'onde supérieure à 10 km - pas de bande attribuée au service amateur</i>				
<i>LF-km</i>	2222m	0,1357 - 0,1378 (C et E)	0,1357 - 0,1378 (C et E)	1 Watt PAR maximum
<i>MF-hm</i>	160 m	1,810 - 1,850 (A)	1,800 - 1,850 (A) 1,850 - 2,000 (B)	bande plus large en région 2
<i>HF décamétrique 10 m (= 1 dam) à 100 m</i>	80 m	3,500 - 3,800 (B)	3,500 - 3,750 (A) 3,750 - 4,000 (B)	bande plus large en région 2
	40 m	7,000 - 7,100 (A)	7,000 - 7,300 (A)	7,000 - 7,100 (A)
	30 m	10,100 - 10,150 (C)	10,100 - 10,150 (C)	
	20 m	14,000 - 14,350 (A)	14,000 - 14,350 (A)	14,000 - 14,250 (A)
	17 m	18,068 - 18,168 (A)	18,068 - 18,168 (A)	18,068 - 18,168 (A)
	15 m	21,000 - 21,450 (A)	21,000 - 21,450 (A)	21,000 - 21,450 (A)
	12 m	24,890 - 24,990 (A)	24,890 - 24,990 (A)	24,890 - 24,990 (A)
	10 m	28,000 - 29,700 (A et F)	28,000 - 29,700 (A et F)	28,000 - 29,700 (A)
<i>VHF métrique 1 à 10 m</i>	6 m	50,200 - 51,200 (C et D)	50,000 - 54,000 (A)	plus large en région 2
	2 m	144 - 146 (A et F) - NOVICE - 144 - 146 (A et F) 146 - 148 (A)		144 - 146 (A) bande plus large en région 2
	1,35 m		220 - 225 (B)	en région 2 uniquement
<i>UHF décimétrique 10 cm (= 1 dm) à 1 m</i>	70 cm	430 - 434 (C) 434 - 440 (B)	430 - 433,750 (C) 434,250 - 440 (C)	T>E 435 - 438 (C et H) en région 1 et T>E 435 - 440 (C et H) en région 2 aux Antilles et en Guyane, émission interdite de 433,75 à 434,25 MHz
	23 cm	1.240 - 1.300 (C)	1.240 - 1.300 (C)	T>E 1260-1300 (C et H)
	13 cm	2.300 - 2.450 (C et G)	2300 - 2460 (C, G et *)	2.400 - 2.450 (C et H) en région 1 et 2.415 - 2.460 (C, H et *) en région 2 Voir le commentaire [*] pour la bande 2450- 2460 en région 2
<i>SHF centimétrique 1 cm à 10 cm</i>	9 cm		3.300 - 3.500 (C)	3.400 - 3.500 (C et H) en région 2 uniquement
	5 cm	5.650 - 5.850 (C)	5.650 - 5.925 (C)	T>E 5650-5725 (C et H) E>T 5830-5850 (C) bande plus large en région 2
	3 cm	10.000 - 10.450 (C) 10.450 - 10.500 (A)	10.000 - 10.450 (C) 10.450 - 10.500 (A)	10.450 - 10.500 (A)
	1,2 cm	24.000 - 24.050 (A) 24.050 - 24.250 (C)	24.000 - 24.050 (A) 24.050 - 24.250 (C)	24.000 - 24.050 (A)
<i>EHF millimétrique 1 mm à 10 mm</i>	6 mm	47.000 - 47.200 (A)	47.000 - 47.200 (A)	47.000 - 47.200 (A)
	4 mm	76.000 - 77.500 (C)	76.000 - 77.500 (C)	76.000 - 77.500 (C)
		77.500 - 78.000 (A)	77.500 - 78.000 (A)	77.500 - 78.000 (A)
		78.000 - 81.000 (C)	78.000 - 81.000 (C)	78.000 - 81.000 (C)
	2,5mm	119980-120020 (C et *)	119980-120020 (C et *)	
	2 mm	134.000 - 136.000 (A)	134.000 - 136.000 (A)	134.000 - 136.000 (A)
136.000 - 141.000 (C)		136.000 - 141.000 (C)	136.000 - 141.000 (C)	
1,2mm	241.000 - 248.000 (C)	241.000 - 248.000 (C)	241.000 - 248.000 (C)	
	248.000 - 250.000 (A)	248.000 - 250.000 (A)	248.000 - 250.000 (A)	

Commentaires sur certaines bandes (notés dans la parenthèse après le statut dans le tableau ci-dessus)

D En Région 1, la bande de fréquences **50,2 – 51,2 MHz**, est ouverte sous le régime dérogatoire conformément à la disposition S4-4 du RR. Cette dérogation est accordée à titre précaire et révoquant par le Conseil Supérieur de l'Audiovisuel à qui est confiée l'assignation aux utilisateurs primaires (liaisons de reportage sonore point à point) de cette bande pour la Région 1. La dérogation s'applique dans des zones géographiques limitées et aux conditions particulières suivantes (*renvoi D de l'annexe 1 de la décision ART 97-452*) :

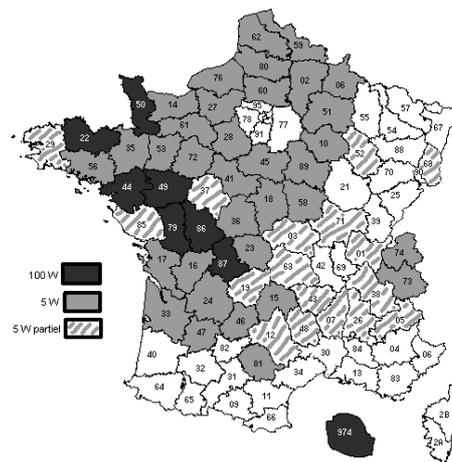
- toutes les classes d'émission autorisées à la classe de l'opérateur sont utilisables ;
- l'utilisation est autorisée uniquement en station fixe ou portable (et est donc interdite en mobile) ;
- l'installation de stations répétitrices (relais et nodes, voir §R-4.2) n'est pas autorisée.

Le CSA détermine les seules zones ouvertes au trafic avec une PAR (puissance apparente rayonnée, voir § R-5.2) maximum **de 5 watts ou de 100 watts. En dehors de ces zones, l'émission est interdite.**

Liste des 8 départements ouverts au trafic avec une puissance apparente rayonnée **(PAR) maximum de 100 watts** : les Côtes d'Armor, la Loire-Atlantique, le Maine et Loir, la Manche, les Deux Sèvres, la Vienne, la Haute Vienne, la Réunion.

Liste des 34 départements ouverts au trafic avec une puissance apparente rayonnée **(PAR) maximum de 5 watts** : l'Aisne, les Ardennes, l'Aube, le Calvados, le Cantal, la Charente, la Charente Maritime, le Cher, la Creuse, la Dordogne, l'Eure, l'Eure et Loir, la Gironde, l'Ille et Vilaine, l'Indre, le Loir et Cher, le Loiret, le Lot, le Lot et Garonne, la Marne, la Mayenne, le Morbihan, la Nièvre, le Nord, l'Oise, l'Orne, le Pas de Calais, la Sarthe, la Savoie, la Haute Savoie, la Seine-Maritime, la Somme, le Tarn, l'Yonne.

Liste des 17 départements **ouverts partiellement** au trafic avec une puissance apparente rayonnée **(PAR) maximum de 5 watts** : l'Ain (sauf l'arrondissement de Bourg-en-Bresse), l'Allier (uniquement les arrondissements de Montluçon et de Moulins), les Hautes-Alpes (sauf les cantons de Laragne-Montéglin et Serres), l'Ardèche (sauf les cantons de Chomérac, Saint-Péray et la Voulte-sur-Rhône), l'Aveyron (uniquement l'arrondissement de Millau), la Corrèze (sauf le canton d'Ussel), la Drôme (sauf les cantons de Crest, Loriol et Portes-les-Valence), le Finistère (sauf le canton de Quimperlé), l'Indre et Loire (sauf le canton de Chinon), l'Isère (uniquement l'arrondissement de Grenoble), la Haute-Loire (sauf l'arrondissement d'Yssingeaux), la Lozère (uniquement l'arrondissement de Mende), la Haute-Marne (sauf l'arrondissement de Langres), le Puy-de-Dôme (uniquement l'arrondissement de Riom), le Haut-Rhin (sauf les arrondissements de Colmar et Ribeauvillé), la Saône et Loire (sauf les arrondissement de Charolles et Mâcon), la Vendée (sauf le canton de la Roche-sur-Yon).



E La bande 135,7 kHz à 137,8 kHz, dite bande des **136 kHz**, est ouverte au service amateur à titre secondaire depuis le 30 décembre 1999 (*décision ART 00-389*) avec une puissance maximum PAR (Puissance Apparente Rayonnée) de 1 watt, conformément à la recommandation CEPT ERC/REC/62-01.

F Le **Ministre de la défense** peut utiliser ces bandes pour des « **besoins intermittents** pour son service mobile en secondaire avec une puissance rayonnée maximale de 12 dBW », soit environ 15 watts PAR (*note F017 du tableau des bandes de fréquences ouvertes au service d'amateur - arrêté du 25/03/04*)

G Dans la **bande 2300 – 2450 MHz**, de 2300 à 2310 MHz, une **autorisation au cas par cas** accordée par l'Arcep est requise. De 2310 à 2400 MHz en région 1 et de 2310 à 2360 MHz en région 2, l'émission est autorisée sous réserve d'**autorisation précaire et révoquant** du Ministère de la Défense obtenue par l'Arcep.

H La disposition S5-282 du RR précise que **le service d'amateur par satellite peut fonctionner** dans les bandes 435 – 438 MHz, 1260 – 1270 MHz, 2400 – 2450 MHz, 3400 – 3410 MHz (pour cette bande seulement dans les régions 2 et 3) et 5650 – 5670 MHz, **à condition qu'il n'en résulte pas de brouillage** préjudiciable aux autres services utilisateurs. Dans ces bandes, le service d'amateur a un statut secondaire. Les administrations qui autoriseront cette utilisation doivent faire en sorte que tout brouillage préjudiciable causé par les émissions d'une station du service d'amateur par satellite soit immédiatement éliminé.

I Depuis le 1^{er} janvier 2007, la **bande 75,5 – 76 GHz** n'est plus attribuée au service d'amateur conformément à la disposition S5.559A du RR, au Registre des Utilisations de Fréquences de l'Arcep et au TNRBF. Toutefois, aucune décision de l'Arcep n'a modifié les bandes autorisées au service amateur dans ce sens.

* *Contrairement à l'arrêté du Premier Ministre du 25/03/04 (qui est le texte de référence) et aux autres textes français, la décision ART 97-452 n'attribue pas la bande 2.450 – 2.460 MHz en région 2 au service amateur. De plus, dans tous les autres textes français et internationaux, les limites de la bande des 2,5 mm (119,98 - 120,02 GHz dans la décision ART reproduite dans le tableau ci-dessus) sont 122,25 – 123 GHz.*

R-2.2) Puissances et classes d'émission autorisées (*annexe de la décision ART 04-316 du 30/03/04*) :

Certificat	Bandes de fréquences	Puissance maximum	Classes d'émission autorisées
Classe 1 et Classe 2 (équivalent CEPT)	Toutes les bandes de fréquences des services d'amateur et d'amateur par satellite autorisées	< 28 MHz : 500 W 28 à 30 MHz : 250 W > 30 MHz : 120 W	Toutes classes (voir liste au §R-1.2) sauf pour les « classe 2 » : classes d'émission interdites en dessous de 30 MHz : A1A, A2A, F1A, F2A
Classe 3	144 à 146 MHz	10 W	A1A, A2A, A3E, G3E, J3E, F3E

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), voir § R-5.1.

Les opérateurs titulaires d'un certificat de **Classe 2 ne sont pas autorisés** à utiliser les classes d'émission **en télégraphie auditive** (classe d'émission terminant par A : A1A, A2A, F1A et F2A) **en dessous de 30 MHz**. En revanche, ils peuvent utiliser les autres classes d'émission (en particulier la classe A1B : télégraphie automatique = télégraphie générée par un micro-ordinateur). En France, l'examen de CW n'a pas été supprimé pour des raisons de réciprocité avec les pays CEPT exigeant toujours la connaissance du code Morse pour émettre en dessous de 30 MHz. Les opérateurs de classe 1 ont un certificat de niveau supérieur aux opérateurs de classe 2 et doivent, selon la règle de droit, avoir des privilèges supplémentaires : celui d'émettre en télégraphie auditive.

La réglementation limite la puissance mais pas le **gain des antennes**, sauf sur les bandes des 50 MHz et 136 kHz et pour les fréquences supérieures à 1.300 MHz où des limitations PIRE peuvent être imposées. Le décret 2002-775 pris en vertu du 12° de l'article L32 du CP&CE (exigences essentielles) fixe selon la fréquence les **valeurs limites d'exposition du public** aux champs électromagnétiques. Toutefois, les rayonnements de nos antennes sont souvent inférieurs à ces valeurs limites définies en V/m. **En cas de perturbation radioélectrique**, les puissances autorisées peuvent être réduites à titre personnel temporairement par notification de l'Arcep.

L'article **L57 du CP&CE** instaure des « **servitudes pour la protection des réceptions radioélectriques** » des services de l'État. Ces services peuvent être gérés par des entreprises privées assurant un service public. Les décrets d'application (*articles R27 à R30 du CP&CE*), pris en Conseil d'État, reconnaissent 3 catégories d'installations. Aux abords de ces installations, il est institué une zone de protection et, à l'intérieur de celle-ci, une zone de garde. Dans la zone de protection, il est interdit de produire des perturbations supérieures à la valeur compatible avec l'exploitation du centre. Dans la zone de garde, il est interdit de mettre en service du matériel électrique susceptible de perturber les réceptions radioélectriques du centre sans l'autorisation du ministre dont les services exploitent le centre ou exercent leur tutelle sur celui-ci. Pour les installations de 1^{ère} catégorie (les plus contraignantes), la distance séparant les limites du centre de réception radioélectrique et le périmètre de la **zone de garde** ne peut excéder **1000 mètres**. La commission consultative des sites et servitudes (Comsis, ex-Coresta) instruit les dossiers d'implantation, de transfert ou de modification des stations radioélectriques protégées en liaison avec l'ANFR, le CSA et l'ARCEP.

Les procédures du Code de l'Urbanisme (CU) ont été modifiées en 2007. L'article L421-1 du CU prévoit que toutes les constructions doivent être précédées de la délivrance d'un permis de construire sauf s'il s'agit d'ouvrage de faible importance (art L421-4). Dans ce cas, une **déclaration préalable** prévue à l'article L422-2 du CU doit être déposée. L'article R421-9 limite cette déclaration préalable aux « constructions (...) dont la hauteur au dessus du sol est supérieure à 12 mètres et qui n'ont pas pour effet de créer de surface hors œuvre brute ». L'alinéa e de l'article R422-2 précise que sont concernés les « poteaux et **pylônes de plus de 12 mètres** et les installations qu'ils supportent ». *L'ancien R421-1 ajoutait à cette obligation de déclaration les antennes de plus de 4 mètres ou dont le réflecteur mesure plus d'un mètre. Depuis octobre 2007, les antennes, quelles que soient leurs dimensions, ne sont soumises à aucune formalité.*

Toutefois, certaines installations nécessitent de joindre au dossier déposé un avis favorable de l'architecte des Bâtiments de France :

- pour les installations situées sur un immeuble classé inscrit à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques, le CU prévoit que ces installations restent soumises à permis de construire.
- pour les installations situées dans un périmètre classé (immeubles situés dans le champ de visibilité d'un immeuble classé et situé dans un périmètre n'excédant pas 500 mètres), dans un secteur sauvegardé ou dans une zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager, l'article L621-31 du Code du Patrimoine impose de déposer une demande d'autorisation de travaux (et non pas la déclaration préalable prévue au CU).

L'étendue de ces zones (zone de garde, périmètre classé, secteur sauvegardé et zone de protection) est annexée au Plan Local d'Urbanisme (PLU, ex-POS) et est consultable au service de l'urbanisme de la Mairie concernée.

En cas de trafic en portable, aucune déclaration d'urbanisme n'est à prévoir : les installations temporaires (moins de 3 mois) ne sont soumises à aucune déclaration. En revanche, les zones de servitudes restent valables pour tout trafic, même en portable ou en mobile (voir les cas particuliers d'exploitation évoqués au § R-4.2).

La loi 66-457 reconnaît le « droit à l'antenne » pour les radioamateurs habitant en immeuble collectif. En effet, selon l'article 1, « le propriétaire d'un immeuble ne peut s'opposer, sans motif sérieux et légitime, à l'installation, au remplacement ou à l'entretien des antennes individuelles, émettrices et réceptrices, nécessaires au bon fonctionnement de stations du service amateur (...). Les bénéficiaires (de ce droit) sont responsables, chacun en ce qui le concerne, des travaux d'installation, d'entretien ou de remplacement et des conséquences que pourrait comporter la présence des antennes en cause ». L'article 4 prévoit que « la présente loi est applicable aux immeubles qui se trouvent en indivision ou qui sont soumis au régime de la copropriété ». La circulaire du 15 avril 1988 précise que « lorsqu'il n'est pas lui-même le propriétaire, (...) le déclarant (qui habite l'immeuble) est réputé posséder un titre l'habilitant à exécuter les travaux ». Cette loi s'applique donc aux propriétaires comme aux locataires ou à tout autre occupant.

3) CODE Q et ALPHABET INTERNATIONAL

R-3.1) Table d'épellation internationale et code Morse : (annexe I de l'arrêté du 21/09/00) le code Morse est donné à titre d'information, il n'est pas à connaître pour les certificats d'opérateur de classe 2 ou 3 (novice ou radiotéléphoniste). Les caractères accentués ne sont pas à connaître pour l'examen. 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)	-----			
1		-----	2		-----	3		-----
4		-----	5		-----	6		-----
7		-----	8		-----	9		-----
0		-----	=		-----	+		-----
/	barre de fraction	-----	(VA)	fin de transmission	-----	(AS)	attente	-----
.	point	-----	,	virgule	-----	?	point d'interrogation	-----
	erreur	-----	'	apostrophe	-----			

Cette table d'épellation (Appendice A14 du RR) a été adoptée par l'UIT en 1956. Auparavant, les analogies d'épellation avaient été définies en 1932 lors de la conférence de Madrid. 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 Quebec a été repris dans la nouvelle table d'épellation. Le texte français donne, pour la lettre Z, l'orthographe française (zoulou) alors que les textes internationaux et européens utilisent l'orthographe anglaise (zulu, prononcé « zoulou »).

Pour les chiffres et la ponctuation, aucun code d'épellation n'est à connaître.

R-3.2) Abréviations en code Morse et en code Q (annexe I de l'arrêté du 21/09/00)

Abréviations code Morse : (uniquement pour l'examen du certificat d'opérateur radiotélégraphiste)

AR (collé)	Fin de transmission	BK	Break : invitation à répondre	SIG	Signal
CQ	Appel général	CW	Émission en code Morse	RX	Récepteur
DE	de	K	Invitation à répondre	TX	Transmetteur
MSG	Message	PSE	Please : s'il vous plaît	UR	Your : votre
RST	Report	R	Reçu	VA (collé)	Fin de vacation
AS (collé)	Attente				

Liste des 22 abréviations en **code Q international** à connaître pour tous les certificats d'opérateur :

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 la 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
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.

ABRÉVIATION	QUESTION	RÉPONSE OU AVIS
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 ... h (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 ...

Les abréviations à connaître sont celles utilisées pour les communications officielles. Elles peuvent avoir une autre signification dans le trafic radioamateur. Peu de questions à l'examen portent sur ces abréviations. Cette liste est issue de la recommandation T/R 61-02 (programme HAREC – partie réglementation).

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** dont le sens n'est pas celui utilisé dans le trafic radioamateur.

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 code Morse. 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. L'IARU adopte aussi ce système de notations. Mais, en 1938, la conférence du Caire modifie les notations du 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 pas 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...

QRA et QTH s'adressent plus au service radio maritime. Quant à QSO et QSP, tout leur sens est donné dans un contexte professionnel où transmettre des messages n'est pas un loisir (contact entre deux personnes partageant la même passion) mais un travail rémunéré (transmettre un message entre deux clients au moindre coût).

D'autres abréviations en code Q sont définies par l'UIT (recommandation M-1172 du RR) mais ne sont pas à connaître pour l'examen. Enfin, il existe aussi le code Z que les militaires utilisent.

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".

L'origine de CQ est plus incertaine : vers 1912, ce code utilisé en radio maritime servait à signaler un danger à tous les navires (CQ pour « Sécurité », mot repris en français plus tard dans les procédures internationales de sécurité et de détresse, voir Appendice 13 du RR). Les radioamateurs anglophones, qui y ont entendu « Seek You » (je vous cherche), ont repris ce code en lui donnant la signification "Appel à tous".

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.

Exemples:

QRO ? : Dois-je augmenter ma puissance d'émission ?
 QRO : Veuillez augmenter votre puissance d'émission.
 QRG ? : Voulez-vous m'indiquer ma fréquence exacte ?
 QRG 14050 : Votre fréquence exacte est 14050 (kHz).

QRU ? : Avez-vous quelque chose pour moi ?
 QRU : Je n'ai rien pour vous.
 QSA ? : Quelle est la force de mes signaux ?
 QSA 5 : La force de vos signaux est très bonne.

R-3.3) Déroulement d'un contact

Attention : les candidats se présentant aux examens de classe 3 (Novice) ou 2 (Radiotéléphoniste) doivent aussi connaître les procédures de trafic en télégraphie. Rappelons que la réglementation est commune aux trois classes d'opérateur et que tous les opérateurs peuvent émettre en CW dans les bandes qui leur sont attribuées.

	TÉLÉGRAPHIE	TÉLÉPHONIE
Appel d'une station	3 fois au plus l'indicatif appelé DE (- - - -) 3 fois au plus l'indicatif de sa propre station cette séquence peut être répétée 10 fois + K (- - - - - - - -) S'il n'y a pas de réponse, attendre 5 minutes avant de recommencer l'appel.	3 fois au plus l'indicatif appelé en utilisant la table d'épellation internationale "ICI" 3 fois au plus l'indicatif de sa propre station "RÉPONDEZ" S'il n'y a pas de réponse, attendre 5 minutes avant de recommencer l'appel
Appel général	Idem ci-dessus sauf que CQ (- - - - - - - -) à la place de l'indicatif appelé	Idem ci-dessus sauf que « APPEL A TOUS » à la place de l'indicatif appelé
Réponse à un appel	Indicatif de la station qui a appelé ou "QRZ" (Qui m'appelle?) "DE" Indicatif de sa propre station "+ K"	Indicatif de la station qui a appelé ou "QUI M'APPELLE ?" "ICI" Indicatif de sa propre station ; "RÉPONDEZ"
Fin de liaison	Indicatif de sa propre station suivi du signe VA (- - - - - -)	Indicatif de sa propre station "TERMINÉ"
Signaux de détresse	Identique à l'appel d'une station sauf que SOS (- - - - - - - -) à la place de l'indicatif appelé	Identique à l'appel d'une station sauf que "MAYDAY" à la place de l'indicatif appelé (vient du français « Venez m'aider » mal compris par les anglophones lors du premier signal de détresse émis en téléphonie)

Aucun texte international n'indique ces procédures. Seules les procédures de détresse existent (Appendice A13 du RR) et utilisent en téléphonie des expressions en français. Le programme de l'examen ne cite d'ailleurs que les signaux de détresse. A l'examen, peu de questions portent sur les procédures ci-dessus qui sont issues de l'arrêté du 1/12/83, abrogé par la décision ART 97-454. Si la procédure décrite pour la télégraphie est utilisée internationalement, la procédure de téléphonie ne devrait s'appliquer qu'aux contacts en français.

L'article 4 de la décision ART 00-1364 impose à l'utilisateur d'une installation de radioamateur de :

- S'assurer que ses émissions **ne brouilleront pas** des émissions déjà en cours (6° de l'article 4) ;
- S'**identifier**, par son indicatif personnel, au début et à la fin de toutes périodes d'émission de son installation (7° de l'article 4) ;
- Ne pas utiliser une fréquence **en permanence** (8° de l'article 4) ;
- Effectuer ses transmissions en **langage clair** ou dans un code reconnu par l'UIT (4° de l'article 4) ;
- Ne pas procéder à des émissions effectuées selon des procédés spéciaux ne permettant pas à l'administration la **réception** et la **compréhension** des messages. Seuls les signaux entre les satellites et les stations terriennes de commande peuvent être codés (disposition S25.2A du RR).

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 d'émettre dans les conditions autorisées par la classe d'opérateur (classe d'émission, puissance et bande) et de préciser la fréquence utilisée par le correspondant (en général, la fréquence que l'on écoute) avec une précision suffisante (1° de l'annexe 4 à la décision ART 00-1364).

R-3.4) Teneur des messages : l'article 1 de la décision ART 00-1364 précise seulement que « les transmissions doivent (...) se limiter à des messages d'ordre technique ayant trait aux essais ». Plus concrètement, l'édition 1989 du « Guide du radioamateur » limitait les 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), radioguidage (toutefois, le radioguidage est interdit sur les relais sauf, occasionnellement, pour les manifestations amateurs).

Pour les transmissions en Fax, SSTV ou TV, l'annexe V-9 de l'arrêté du 01/12/83 (abrogé en 1997) imposait que tout document transmis comporte l'indicatif de la station. Les seules images dont la transmission était autorisée concernaient celles 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.

Le titulaire de l'autorisation d'émettre doit veiller à respecter le **secret des correspondances** captées volontairement ou non. L'article L226 du Code Pénal (atteinte à la personnalité) prévoit qu'« est puni d'un an d'emprisonnement et de 45.000 € 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 ».

4) CONDITIONS D'EXPLOITATION et INDICATIFS D'APPEL

R-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 ou en 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 (*article 7 et annexe IV-1 de la décision ART 00-1364*).

R-4.2) Cas particuliers d'exploitation : une station **fixe** est utilisée depuis l'adresse communiquée à l'Arcep. Celle-ci doit être informée de tout **changement de domicile** dans les 3 mois (*3° de l'article 4 de la décision ART 00-1364*). Le titulaire de l'autorisation d'émettre utilise son indicatif d'appel sans suffixe ni préfixe.

L'article 8 de la décision ART 00-1364 définit les conditions d'exploitation particulières :

- une station **transportable** 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 « F5ABC / P »
- une station **mobile** peut fonctionner pendant les déplacements. La station ne peut pas être montée sur un aéronef (avion, ballon atmosphérique, ...) car une telle activation est du ressort de l'aviation civile (et non pas de l'Arcep). Le titulaire de l'autorisation d'émettre utilise son indicatif d'appel suivi du suffixe « / M » en CW ou « Mobile » en téléphonie. Ainsi, un radioamateur émettant en téléphonie et se promenant à pied ou en vélo épellera son indicatif d'appel sous la forme « Foxtrot 5 Alpha Bravo Charlie Mobile ».
- une station installée à bord d'un bateau situé hors des eaux territoriales (à plus de 12 milles nautiques des côtes) utilisera le suffixe « /MM » ou « **Maritime Mobile** ». Le titulaire doit demander une autorisation spéciale à l'administration à laquelle sera jointe une autorisation du commandant de bord indiquant le nom du bateau et son port d'attache. Une station installée sur un bateau situé dans les eaux territoriales (à moins de 12 milles des côtes et, a fortiori, sur un fleuve ou à quai dans un port) est assimilée à une station mobile (suffixe /M).

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 de classe 1 ou 2. 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 (*articles 4 et 6 et annexe III de la décision ART 00-1364*).

L'article L34-9 du CP&CE impose que « les équipements radioélectriques doivent faire l'objet d'une évaluation de leur conformité aux exigences essentielles ». L'article 4 de la décision ART 00-1364, dans son 10°, rappelle que **la station d'un radioamateur doit être conforme aux exigences essentielles**. La conformité du matériel, indiquée par le marquage « CE », sera éprouvée par un laboratoire indépendant et certifié par l'Arcep lorsque le laboratoire est français. Toutefois, l'article R20-3 précise que cette exigence « ne s'applique pas aux équipements radioélectriques utilisés par des radioamateurs (...) non disponibles dans le commerce ; les ensembles de pièces détachées à assembler par des radioamateurs, pour leur usage, et les équipements modifiés par eux ne sont pas considérés comme des équipements disponibles dans le commerce ». Cette exception est confirmée par le décret n° 2006-1278 relatif à la compatibilité électromagnétique des appareils électriques et électroniques et par la directive européenne 2004/108/CE (dite Directive CEM). Les schémas des **réalisations personnelles** seront fournis uniquement à la demande de l'Arcep.

Aucune déclaration n'est à établir lors de l'acquisition ou de la cession de matériel. *Toutefois, dans la liste des appareils prévue par l'article 226-15 du code pénal (atteinte au secret des correspondances), la détention d'« appareils permettant l'analyse du spectre radioélectrique ou son exploration manuelle ou automatique en vue de la réception et de l'écoute des fréquences n'appartenant pas aux bandes de fréquences attribuées (...) au service de radiodiffusion ou au service radioamateur (...) » est soumise à autorisation du premier ministre. Plus précisément, une autorisation de détention valable 3 ans doit être obtenue auprès du Service Général de la Défense Nationale (SGDN). En revanche, la vente de tels appareils à usage grand public (« scanners ») est libre...*

L'article 5 de la décision ART 00-1364 précise que « les installations de radioamateur ne doivent **pas être connectées à un réseau** ouvert au public [Internet par exemple], à un réseau indépendant ou à toute installation

radioélectrique n'ayant pas le caractère d'installation de radioamateur ». L'article 32 du CP&CE définit un réseau indépendant ainsi : « réseau de communications électroniques réservé à l'usage d'une ou plusieurs personnes constituant un groupe fermé d'utilisateurs » (« Echolink », par exemple).

R-4.3) Une station peut être manoeuvrée par le **titulaire** de l'autorisation d'émettre ou un **opérateur occasionnel** (titulaire d'une autorisation française d'émettre, à titre exceptionnel) ; l'opérateur occasionnel ne peut pas contacter sa propre station, doit communiquer son indicatif après celui de la station utilisée (« Foxtrot 5 Alpha Bravo Charlie opéré par Foxtrot 5 Delta Echo Foxtrot » en téléphonie ou « F5ABC/F5DEF » en CW). Le contact sera inscrit sur le carnet de trafic de la station manoeuvrée et l'opérateur occasionnel reportera le contact sur le carnet de trafic de sa propre station. *Les conditions de manoeuvre d'une station par un opérateur occasionnel sont issues de l'arrêté du 1^{er} décembre 1983 (abrogé en 1997). Aucun texte français en vigueur n'a repris ces dispositions sauf pour les radio-clubs.*

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 de classe 1. Le radio-club peut être exploité par tout opérateur occasionnel titulaire d'un indicatif d'appel, en utilisant l'indicatif du radio-club suivi de son indicatif personnel (F6KGL/F5DEF en CW ou « Foxtrot 6 Kilo Golf Lima opéré par Foxtrot 5 Delta Echo Foxtrot »). L'utilisateur doit émettre sur une bande, dans un mode et avec une puissance autorisés à sa classe d'opérateur. Le journal de trafic du radio-club indique les indicatifs des opérateurs et leurs périodes d'utilisation. Le journal est contresigné par le responsable du radio-club. En tant qu'opérateur occasionnel, l'utilisateur de la station du radio-club reportera les contacts effectués sur le carnet de trafic de sa station (*annexe IV de la décision ART 00-1364*). *Pour mémoire, la notion d'opérateur supplémentaire a disparu.*

R-4.4) Sanctions : « outre les officiers et agents de police judiciaire agissant conformément aux dispositions du code de procédure pénale, les fonctionnaires et agents de l'administration des télécommunications (...) peuvent **rechercher et constater** par procès-verbal **les infractions** » (**art L40** du CP&CE).

En l'occurrence, les agents habilités de l'administration des télécommunications, de l'Arcep et de l'ANFr qui disposent d'un pouvoir de police judiciaire en vertu de l'article L40 du CP&CE ne peuvent intervenir seuls que dans des lieux à usage professionnel entre 8h00 et 20h00 et pendant les heures d'ouverture lorsque le local est ouvert au public. En pratique, en cas d'intervention dans un lieu à usage privé (comme l'est l'habitation d'un radioamateur ou le local d'un radio-club), les agents de l'administration chargée des télécommunications interviennent en tant qu'assistant technique d'un Officier de Police Judiciaire agissant sur commission rogatoire.

L'**article L39-1** du CP&CE prévoit qu'« est puni de six mois d'emprisonnement et de 30.000 € d'amende le fait (...) de **perturber**, en utilisant une fréquence, un équipement ou une installation radioélectrique (...) ou **d'utiliser une fréquence** en dehors des conditions prévues à l'article L33-3 ». En cas de **récidive**, la peine peut être doublée (*L39-5*). Le tribunal peut prononcer la confiscation du matériel ou ordonner sa destruction (*L39-6*). Enfin, « toute personne qui effectue des transmissions radioélectriques en **utilisant sciemment** un indicatif d'appel de la série internationale attribué à une station de l'État ou à une autre station autorisée, est punie d'un an d'emprisonnement » (*L39-8*).

Les infractions à la réglementation, depuis la décision ART 00-1364, ne sont plus sanctionnées par l'autorité de tutelle. Il ne peut y avoir que des sanctions pénales (peine de prison et/ou amende) qui seront prises par un tribunal après le dépôt d'une plainte (pour brouillage ou usurpation d'indicatif par exemple). C'est la conséquence du recours en Conseil d'État qui a conduit à l'annulation de la décision ART de 1997 : l'ART (comme l'Arcep) ne fait qu'appliquer la loi et n'a pas le droit de juger.

En cas de fraude à l'examen, l'arrêté du 1^{er} décembre 1983 (abrogé en 1997) prévoyait l'annulation de l'épreuve, le candidat ne pouvant se représenter avant un an. Depuis 1997, aucun texte ne punit la fraude...

En cas de plainte pour brouillage (TV en particulier), l'ANFR peut intervenir en tant qu'expert pour déterminer si les torts viennent du radioamateur (brouillage) ou de l'installation de la personne perturbée (non conformité). L'intervention de l'ANFR coûte 450 € (depuis 2003) à la charge du responsable des désordres. L'ANFR n'a pas vocation à intervenir en cas de plainte pour usurpation d'indicatif ou autres infractions à la réglementation.

R-4.5) Examen : les modalités de l'examen sont fixées par l'article 3 de l'arrêté du 21/09/00. Quelques questions portent sur le déroulement de l'examen, y compris celui de télégraphie.

Pour passer l'examen, **il n'y a plus d'âge minimum** depuis l'arrêté du 21 septembre 2000.

L'épreuve de télégraphie auditive comporte un texte de 36 groupes de 5 lettres, chiffres ou signes suivi d'un texte en clair d'une durée de 3 minutes plus ou moins 5%. Les candidats devront avoir commis 4 fautes maximum à chacune des 2 épreuves. La vitesse de manipulation est de 12 mots par minute.

Si le candidat a un **taux d'incapacité permanente** (IPP) supérieur ou égal à 70%, les épreuves sont adaptées à son handicap et le **temps de l'examen est triplé** (45 mn en réglementation, 1h30 en technique). Dans ce cas, l'épreuve peut se dérouler au domicile du candidat.

En cas d'échec à l'une des épreuves, le candidat doit attendre **un mois** avant de repasser l'examen. Le candidat conserve pendant **un an** le bénéfice de l'épreuve dans laquelle il a obtenu une note au moins égale à 30/60. Après avoir réussi l'examen, il faut attendre de recevoir l'indicatif d'appel, seul document autorisant l'émission.

Les **frais d'examen** sont de 30 € (tarif inchangé depuis 1991 quel qu'ait été le nombre d'épreuves à passer).

R-4.6) Formation des indicatifs d'appel : tous les indicatifs d'appel français sont formés selon les règles de la disposition S19-68 du RR et de l'annexe V (grille de codification des indicatifs des services d'amateur) de la décision ART 00-1364. Le lieu où est domicilié le titulaire de l'indicatif détermine le préfixe de la station.

Le préfixe des stations domiciliées en **France continentale est la lettre F** sauf pour les indicatifs spéciaux qui se verront attribué le préfixe TM.

Le préfixe des stations domiciliées en **Corse et dans les DOM-TOM** est composé de **2 lettres** propres au département ou au territoire ; la région UIT (voir § R-2.1) de la localisation est précisée entre parenthèses :

FG : Guadeloupe (DOM - 2)	FM : Martinique (DOM - 2)	FY : Guyane (DOM - 2)
FR : Réunion (DOM - 1) (y compris Glorieuse, Juan de Nova et Tromelin)	TK : Corse (1)	
FH : Mayotte (1)	FJ : St Barthélemy (2)	FP : St Pierre & Miquelon (2)
FS : St Martin (2)	FX : Satellites français du service amateur	
FT : Terres Australes Antarctiques Françaises : Crozet (1), Kerguelen, St Paul & Amsterdam et Terre Adélie (3)		
FK : Nouvelle Calédonie (3)	FO : Polynésie Française (3) et Clipperton (2)	
FW : Wallis & Futuna (3)		

Quelques TOM de cette liste ne sont pas gérés par l'Arcep : à Mayotte, c'est le Préfet qui exerce la tutelle ; en Nouvelle Calédonie et en Polynésie Française, la tutelle est exercée par le Haut Commissaire de la République (HCR). Enfin, à Wallis & Futuna et dans les Terres Australes Antarctiques Françaises, l'Administrateur supérieur qui a la charge des intérêts de l'État exerce la tutelle du service amateur.

Le préfixe de localisation est suivi d'un **chiffre indiquant la classe de l'opérateur** :

0 = opérateur de classe 3 ;

1 et 4 = opérateur de classe 2 ;

5, 6 et 8 = opérateur de classe 1.

2, 3, 7 et 9 restent en réserve, une partie ayant déjà été affectée à des indicatifs individuels avec un suffixe à deux lettres pour des opérateurs de classe 1.

Pour les indicatifs d'appel individuels des DOM-TOM et de la Corse, seuls les chiffres 0 (classe 3), 1 (classe 2) et 5 (classe 1) sont attribués.

Les **suffixes**, propres à chaque station, sont composés de deux ou trois lettres :

AAA à UZZ et **AA à ZZ** sont réservés aux indicatifs individuels ;

KAA à KZZ sont affectés aux radio-clubs (et **KA à KZ** pour les radio-clubs de Corse et des DOM-TOM) ;

VAA à VZZ sont réservés aux amateurs de la CEE installés pour plus de trois mois en France ;

WAA à WZZ sont en réserve ;

XAA à XZZ sont affectés aux balises (voir conditions d'exploitation au § R-4.2) ;

YAA à YZZ sont réservés aux stations répétitrices numériques (Nodes) ;

ZAA à ZZZ sont réservés aux stations répétitrices analogiques (Relais).

Les suffixes des stations des DOM-TOM et de Corse sont composés de 2 lettres sauf ceux des relais et balises (suffixes XAA à ZZZ) et parfois des radio-clubs qui peuvent comporter 3 lettres.

Ainsi, les indicatifs individuels d'appel de France continentale se présentent sous les formes suivantes : F0AAA, F1AA, F1AAA, F2AA, F3AA, F4AAA, F5AA, F5AAA, F6AAA, F8AA, F8AAA et F9AA. Les indicatifs d'appel des DOM-TOM et de Corse se présentent sous les formes suivantes : TK0AA, FY1AA, FG5ZAA.

Des **indicatifs spéciaux** peuvent être attribués pour une période continue limitée à quinze jours sur demande lors d'occasions spéciales. Un indicatif spécial peut être réattribué et sera composé du préfixe **TM** pour la France continentale, **TO** dans les DOM, **TK** en Corse ou **TX** dans les TOM. Le préfixe est suivi d'un chiffre (0 à 9) et d'un suffixe de 1 à 3 lettres. *La taxe (en 2007) est de 24 € par demande (tarif inchangé depuis 1991).*

Exemples : un indicatif d'appel du type FM1AB est attribué à un radioamateur de classe 2 résidant en Martinique.

Un indicatif d'appel du type F5VAA est attribué à un radioamateur de la CEPT installé plus de 3 mois en France. A la demande d'une station lyonnaise lors d'un salon, l'administration délivrera un indicatif spécial du type TM9A.

Un radioamateur français qui n'émet pas depuis le territoire pour lequel son indicatif d'appel lui a été attribué doit utiliser un indicatif d'appel formé du préfixe de la localisation géographique du lieu d'émission (F, FY, TK, etc.) suivi d'une barre de fraction, de son indicatif d'appel individuel et du suffixe /P ou /M.

Exemples : un radioamateur novice domicilié en région parisienne et émettant à bord de son véhicule en Corse utilisera un indicatif d'appel du type TK/FØABC/M.

Un radioamateur guyanais de classe 1 émettant depuis un hôtel à Paris s'identifiera ainsi : F/FY5AB/P.

Les **indicatifs de France continentale avec un suffixe à 2 lettres** attribués aux titulaires d'un certificat d'opérateur de classe 1 (donc, sauf les indicatifs de type F1xx) devenus disponibles peuvent être réattribués. La liste des opérateurs bénéficiant d'une **réattribution** est établie par décision de l'Arcep en fonction de l'ancienneté dans le certificat d'opérateur de classe 1. Les opérations de réattribution se font dans des conditions transparentes. Les indicatifs des radioamateurs morts pour la France ne sont pas réattribués (*article 8 de la décision ART 00-1364 ; à ma connaissance, il n'y a eu dans ces dernières années aucune réattribution d'indicatif*).

L'utilisation d'une station est subordonnée au paiement préalable des taxes prévues (*article 9 de la décision ART 00-1364 ; taxe annuelle : 46 € en 2007, tarif inchangé depuis la loi de finances rectificative de 1991*).

Le titulaire qui ne souhaite plus utiliser son indicatif d'appel peut demander la suspension de l'attribution par lettre recommandée à l'Arcep, qui en accuse réception (*article 9 de la décision ART 00-1364*). Sans cette demande, l'indicatif pourra être réattribué. Lorsque le titulaire souhaite réutiliser son indicatif, il joint à sa demande le règlement de la taxe annuelle et la copie du courrier accusant réception de sa demande de suspension.

R-4.7) Utilisation de l'autorisation d'émettre dans les pays de la CEPT : pour les radioamateurs originaires des pays appliquant la recommandation CEPT T/R 61-01 ou originaires des pays ayant conclu un accord de réciprocité avec la France, l'article 10 de la décision ART 00-1364 prévoit que, pour un séjour de moins de 3 mois, l'indicatif utilisé sera formé du préfixe français selon la localisation géographique (F, FY, TK, etc.) suivi d'une barre de fraction, de son indicatif d'appel délivré par son administration et du suffixe /P ou /M.

Exemple : F/I9AAA/P est une station italienne émettant en portable depuis la France continentale.

Pour les séjours de plus de 3 mois, les radioamateurs étrangers titulaires d'un certificat d'opérateur conforme à la recommandation CEPT T/R 61-02 (HAREC) doivent demander un indicatif auprès de l'administration (*article 10 de la décision ART 00-1364*) et payer la taxe annuelle correspondante. Le suffixe de cet indicatif sera de la série VAA à VZZ (*conformément à l'annexe V de la décision ART 00-1364, voir § R-4.6*).

De même pour les radioamateurs français titulaires d'une autorisation d'émettre de classe 1 ou 2 se déplaçant pour un séjour de moins de 3 mois dans un pays appliquant la recommandation CEPT T/R 61-01 ou ayant conclu un accord avec la France, l'indicatif utilisé sera formé du préfixe du pays visité suivi d'une barre de fraction, de son indicatif d'appel français et du suffixe /P ou /M (*§ 2.3 de l'annexe I à la recommandation T/R 61-01*).

Exemple : un radioamateur français émettant en CW depuis son véhicule en Belgique s'identifiera ainsi : ON/F6ABC/M. Le même radioamateur s'identifiera en téléphonie avec le code d'épellation international : « Oscar November Barre de fraction (ou « stroke » en anglais) Foxtrot Six Alpha Bravo Charlie Mobile ».

Liste des 40 pays membres de la CEPT appliquant la recommandation T/R 61-01 avec les préfixes à utiliser entre parenthèses ; *dans certains pays, il faut ajouter un chiffre correspondant à la localisation géographique :* Allemagne (DL), Autriche (OE), Belgique (ON), Bosnie Herzégovine (E7), Bulgarie (LZ), Chypre (5B), Croatie (9A), Danemark (OZ), Îles Féroé (OY), Groenland (OX), Espagne (EA), Estonie (ES), Finlande (OH), France et DOM-TOM (voir liste au §R-4.6), Grèce (SV), Hongrie (HA, HG), Irlande (EI), Islande (TF), Italie (I), Lettonie (YL), Liechtenstein (HB0), Lituanie (LY), Luxembourg (LX), Macédoine (Z3), Malte (9H), Monaco (3A), Norvège (LA), Spitzberg (JW), Pays Bas (PA), Pologne (SP), Portugal (CT), Açores (CU), Madère (CT), Roumanie (YO), Angleterre (M), Île de Man (MD), Irlande du Nord (MI), Jersey (MJ), Écosse (MM), Guernesey (MU), Pays de Galles (MW), Fédération de Russie (R), Saint Marin (T7), Slovaquie (OM), Slovénie (S5), République Tchèque (OK), Suède (SM), Suisse (HB9), Turquie (TA), Ukraine (UT), Cité du Vatican (HV).

La CEPT comprend 48 pays. Or, les 8 pays suivants n'ont jamais donné à la CEPT d'informations sur l'application de la T/R 61-01 : Albanie (ZA), Andorre (C3), Azerbaïdjan (4K), Biélorussie (EW), Géorgie (4L), Moldavie (ER), Monténégro (4O), Serbie (YU). *Le Kosovo, ancienne province de Serbie, qui a proclamé unilatéralement son indépendance le 17 février 2008, ne fait pas encore partie de la CEPT.*

Bien évidemment, pour tout trafic à l'étranger, il faudra se renseigner sur la réglementation propre à chaque pays (limites de bande, puissance, classe d'émission autorisées). De plus, quelques pays membres de la CEPT continuent d'exiger la connaissance du morse pour accéder aux bandes inférieures à 30 MHz sur leur territoire.

Liste des 8 pays non membres de la CEPT mais appliquant la recommandation T/R 61-01 : Australie (suffixe VK) Afrique du Sud (ZS), Antilles néerlandaises (PJ), Canada (VE suivi d'un chiffre selon localisation, Terre Neuve et Labrador : VO, Yukon et Île du Prince Édouard : VY), États-Unis (selon la localisation W, KH ou KP suivi d'un chiffre), Israël (4X), Pérou (suffixe OA), Nouvelle-Zélande (ZL).

Liste des 4 pays ayant conclu un accord de réciprocité avec la France : Brésil (PY), Côte d'Ivoire (TU), Japon (JA), Kenya (5Y). *Les recherches sur Internet donnent peu d'informations sur le contenu de ces accords.*

Ces trois listes, mises à jour au 17/05/08 à partir de documents disponibles sur Internet, sont à connaître : des questions portent sur celles-ci à l'examen (en particulier, préfixe à utiliser lors de trafic dans les pays concernés).

Bien que, depuis 2005, il existe une « licence CEPT de radioamateur Novice » (recommandation ECC (05)06 et rapport ERC 32), la mise en application de ces textes n'est pas prévue pour le certificat français d'opérateur de classe 3. Peu de pays de la CEPT ont mis en application ces textes et le préfixe à utiliser est parfois différent de celui utilisé pour l'application de la recommandation T/R 61-01.

R-4.8) Histoire de la réglementation du radioamateurisme en France (pas de question à l'examen).

Tout au long du XIX^{ème} siècle, les théories sur la lumière, le courant électrique et les ondes sont développées : Fresnel émet la théorie vibratoire de la lumière en 1818 ; en 1827, Ohm découvre les lois fondamentales de l'électricité et Ampère imagine le galvanomètre ; en 1831, Faraday décrit l'induction électromagnétique tandis que Henry découvre l'auto-induction et que Ruhmkorff invente la bobine d'induction. L'invention du télégraphe électrique, en 1832, est due à Samuel Morse dont le fameux « code morse » servira pour réaliser les premières liaisons radio. Le lien entre les phénomènes électriques et magnétiques est établi par Maxwell en 1864. A la fin du XIX^{ème} siècle, les ondes radioélectriques deviennent un vaste champ d'expériences : en 1887, Heinrich Hertz met en évidence les ondes grâce à ses sphères et son éclateur ; en 1890, Édouard Branly met au point son cohéreur ; Alexandre Popov invente un système d'antennes verticales et améliore le cohéreur en 1896.

Mais l'aventure de la radio commence réellement avec Guglielmo Marconi qui, en combinant les différents systèmes existants, réalise le premier système efficace de radiocommunication : expériences à Bologne en 1896 puis liaisons commerciales régulières trans-Manche à partir de 1899. Enfin, en 1901, Marconi, situé à Terre Neuve, perçoit une série de S en code Morse en provenance de son correspondant de Poldhu (Sud Ouest de l'Angleterre), à près de 3540 km, montrant que la rotondité de la Terre n'est pas un obstacle.

En France, après la première liaison radio effectuée par Eugène Ducretet le 15 novembre 1898 entre le sommet de la Tour Eiffel et le Panthéon (4 km), Gustave Eiffel prend contact en 1901 avec le capitaine Ferrié, polytechnicien, officier du 8^{ème} Régiment du Génie et chef des transmissions de l'armée française, pour faire de la Tour un support d'antenne de communication à longue distance. Ferrié met au point en 1903 un détecteur électrolytique, nettement plus performant que le cohéreur (mais pas autant que la galène utilisée à partir de 1910). Avec ce système, une liaison est établie avec les forts des environs de Paris, et un an plus tard avec l'Est de la France. En 1904, Flemming découvre l'effet diode de la lampe d'Edison et deux ans plus tard, Lee de Forest invente la triode, premier système d'amplification. En 1906, une station radio militaire permanente est installée dans un baraquement en bois sur le Champ de Mars, entre l'École Militaire et la Tour Eiffel, ce qui la sauve de la démolition car l'antenne est tendue entre le baraquement et le sommet de la Tour.

Le premier contact français entre amateurs qui n'avaient, à cette époque, pas encore d'indicatifs d'appel eut lieu en 1907 à Orléans. Dans les années suivantes, les techniques se stabilisent et les expérimentations se développent. Lorsque la guerre éclate en 1914, la télégraphie militaire devient primordiale. Pendant la guerre, les émissions d'amateur sont interdites et le Génie militaire a besoin de ces opérateurs et de ces techniciens. Ils se retrouvent pour la plupart au 8^{ème} Génie basé au Mont Valérien (à Suresnes, près de Paris) où Ferrié, qui est promu Général, coordonne les recherches pour améliorer les télécommunications sans fil. A la fin de la guerre, la technique a largement évolué puisque la fameuse « triode TM » est d'utilisation courante.

Dès 1921, un réseau d'émission d'amateur fonctionne dans la région de Marseille et chacun s'identifie avec un indicatif personnel de son choix : presque tous les nouveaux amateurs utilisent " 8xxx " (chiffre 8 suivi de 3 lettres), signe de l'influence des anciens du 8^{ème} Génie. Sous la pression des amateurs, l'administration des postes délivre le 13 juillet 1921 la première autorisation d'émission d'amateur sous l'indicatif " 8AA " à André Riss de Boulogne sur Mer. Le préfixe de nationalité F n'existe pas. C'est un chiffre qui, en Europe, indique la nationalité (en France, c'est le chiffre 8 ; 1 pour l'Italie, 4 pour l'Allemagne, 9 pour la Suisse, ...). Pour les autres continents, il n'y a pas de préfixe de nationalité. Le premier contact intercontinental amateur a lieu le 28 novembre 1923, entre 8AB (Nice) et 1MO (Hartford - Connecticut) sur 100 m de longueur d'onde. Jusqu'à cette date, une longueur d'onde de moins de 200 mètres était considérée comme inexploitable...

Le décret du 24/11/23 et l'arrêté du 12/12/23 fixent les conditions de délivrance du certificat d'opérateur (CW à 8 mots/mn sans technique) et précisent les conditions d'utilisation d'une station amateur. Les personnes autorisées antérieurement doivent subir l'examen avant le 31/3/24. Avec la création à Paris (amphithéâtre de la Sorbonne) de l'IARU (Union Internationale des RadioAmateurs) le 24 avril 1925 (et du REF le 30 mai), l'émission d'amateur se structure. Le développement des contacts intercontinentaux amène l'IARU à instaurer à partir du 1er février 1927 un système de préfixe à deux lettres, où la première lettre indique le continent et la deuxième lettre le pays (eF pour la France), suivi d'un chiffre. L'administration française donne le chiffre 8 suivi de deux lettres pour tous les opérateurs (Métropole et colonies). Ce qui explique que, de nos jours, dans de nombreux pays francophones, le chiffre 8 suit le préfixe de nationalité. Lors de la conférence de Washington (novembre 1927), un système international de préfixe de nationalité est défini : la France obtient la lettre F. Dès 1928, l'administration délivre des indicatifs F8xx pour les personnes autorisées en France Métropolitaine.

Puis, la conférence de Madrid (1932) procède à la refonte des préfixes de nationalité avec des sous-localisations. A partir du 1/1/34, la France et les trois autres pays fondateurs de l'UIT (USA, Royaume-Uni et Italie), obtiennent la possibilité de n'utiliser qu'une seule lettre de préfixe pour leurs indicatifs nationaux. Rien ne change pour les radioamateurs de France Métropolitaine mais pas pour ceux des colonies et d'outre-mer. Au 1/1/35, l'ensemble des indicatifs utilisés dans les colonies et protectorats français est mis en conformité avec la conférence de Madrid : le préfixe de localisation comporte deux lettres suivi du chiffre 8. En 1933, la série des F8xx étant épuisée, des indicatifs F3xx sont attribués. En 1934, un certificat d'opérateur phoniste est créé et les indicatifs attribués sont de la série F3xxx (3 lettres). En 1939, des indicatifs F9xx sont attribués.

Le 28 août 1939, la guerre approche et l'administration informe chaque radioamateur qu'il doit cesser immédiatement tout trafic et mettre sa station hors d'état de fonctionner en démontant l'antenne, débranchant l'alimentation et en enlevant les lampes. Lors de la mobilisation de septembre 1939, 250 membres du REF rejoignent les rangs du 8^{ème} Génie comme opérateurs radio.

L'émission d'amateur est à nouveau autorisée le 14 juin 1946 mais les opérateurs doivent être obligatoirement des télégraphistes alors qu'avant 1939, il y avait des phonistes et des graphistes. Certains phonistes continuent néanmoins d'émettre avec leurs anciens indicatifs F3xxx : ce sont les « noirs » qui seront sévèrement réprimés. Les conditions d'exploitation des stations sont limitées (puissance limitée à 50 W d'alimentation de l'étage final, émission en mobile interdite, ...). A partir de 1946, les F7 sont attribués aux militaires alliés et les F0 aux étrangers civils présents en France. En 1947, Brattain, Bardeen et Shockley inventent le transistor qui, peu à peu, va détrôner les lampes. Vers 1950, l'administration réattribue les indicatifs F8 et F3 abandonnés par les anciens titulaires. A partir de 1957, des indicatifs F2xx sont attribués. En 1961, la création du nouveau certificat d'opérateur " Téléphoniste " conduit à l'attribution de la série F1xx (à 2 lettres). En 1965, lorsque la série F2 fut épuisée, des indicatifs F5xx sont attribués puis des indicatifs F6xxx (à trois lettres) à partir de 1967. En 1968, la série F1xx étant épuisée, la série F1xxx (trois lettres) est attribuée aux téléphonistes. Lorsque le téléphoniste devient télégraphiste (examen à 10 mots/mn en lecture et manipulation), il change d'indicatif (F1ABC devient F6DEF). En 1982, un vent de liberté souffle sur les ondes françaises : les radio libres (bande FM) sont légalisées et la bande CB, en pleine explosion, est enfin autorisée.

L'arrêté du ministre des télécommunications du 1/12/1983 modifie le déroulement des épreuves : les examinateurs qui faisaient passer l'examen à domicile ou dans les radio-clubs sont remplacés par une épreuve se déroulant dans un centre d'examen (sur un Minitel à partir de mai 1985 et sur un magnétophone pour l'épreuve de CW, sans manipulation). L'enquête administrative préalable au passage de l'examen est supprimée et les bandes WARC (10, 18 et 24 MHz) sont ouvertes au trafic. La France applique dès 1985 la recommandation CEPT T/R 61-01 (libre circulation). En 1986, la tutelle, exercée depuis l'origine par le ministère des postes et télécommunications ou une de ses directions (DTRI puis DTRE), est confiée à la CNCL (Commission Nationale de la Communication et des Libertés). La loi du 17/01/1989 crée le CSA (Conseil Supérieur de l'Audiovisuel) en remplacement de la CNCL : la tutelle est donc transférée au CSA.

1989 voit la création des premiers certificats d'opérateur novice (avec réglementation et technique allégée et, pour les graphistes novices, CW à 5 mots/mn). Il y a 5 classes d'opérateur (A : novice téléphoniste, B : novice télégraphiste, C : téléphoniste, D : télégraphiste, E : télégraphiste confirmé après 3 ans de classe D). Le préfixe de l'indicatif passe à 2 lettres pour tous les radioamateurs de France continentale : F suivi de la lettre indiquant la classe de l'opérateur (F6DEF devient FE6DEF). En 1990, la recommandation CEPT T/R 61-02 (programme HAREC) voit le jour, elle ne sera réellement appliquée en France qu'à partir de 1997. Début 1991, la tutelle revient à la DRG (Direction de la Réglementation Générale) qui devient, en 1993, la DGPT (Direction Générale des Postes et Télécommunications), toutes deux rattachées au ministère de l'industrie. En mai 1993, le préfixe pour la France continentale revient à la lettre F (sauf indicatifs spéciaux) suivie d'un chiffre déterminant la classe de l'opérateur. Ainsi, le téléphoniste F1ABC devient FC1ABC en 1989 ; ayant réussi l'examen de télégraphie, il devient FDIABC puis, trois ans après, FE1ABC et enfin F5ABC en 1993.

En décembre 1997, l'harmonisation européenne conduit à la refonte complète des textes régissant notre activité et à la création de l'ART à qui est confiée la tutelle : les missions confiées jusque là à la DGPT sont transférées à l'ANFR et à l'ART, nouvellement créées ; la DiGITIP (Direction Générale de l'Industrie, des Technologies de l'Information et des Postes, rattachée au ministère de l'économie, des finances et de l'industrie – Minéfi) a une mission de conseil auprès du ministre chargé des télécommunications. Les textes prévoient 3 classes d'opérateur, dont une novice (classe 3, sans technique) avec des indicatifs d'appel de la série FØxxx ; les novices de la réglementation de 1989 dont le préfixe était FA ou FB étant reclassés en F1 ou F5. La vitesse de l'examen de CW passe à 12 mots/mn. Lorsque la série F1/F5 fut épuisée, en 1998, la série F4/F8 est attribuée.

D'avril 2000 à mars 2001, aucun indicatif d'appel n'a été délivré. En effet, les centres d'examen ont été fermés suite à un recours en conseil d'état qui a conduit à l'annulation de la décision de l'ART concernant les conditions d'obtention des certificats d'opérateur. Le nouveau texte concernant les certificats d'opérateur est signé par le Premier Ministre le 21 septembre 2000 et est, à ce jour, toujours en vigueur.

En 2003, l'UIT modifie le S25 du RR et, pour les pays qui le souhaitent, supprime l'obligation de connaître le code Morse pour l'accès aux bandes inférieures à 30 MHz. En mai 2004, après la modification des textes européens, les opérateurs de classe 2 sont autorisés à trafiquer en dessous de 30 MHz sauf en télégraphie auditive. En 2005, l'ART est renommée Arcep avec de nouvelles compétences dans les activités postales et la DGE (Direction Générale des Entreprises, rattachée au Minéfi, devenu après mai 2007 Minefe, l'Emploi ayant remplacé l'Industrie) reprend les missions de la DiGITIP.

Fin 2008, l'examen se déroule entièrement sur un micro-ordinateur.

Section B et 5) Connaissances techniques de base

Attention : cette section est la cause de nombreux échecs à l'examen de classe 3 : ne la négligez pas.

R-5.1) 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 : $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

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 l'examen de classe 3, 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 correspond à un rapport de 4. Pour une puissance d'entrée de 15 W, la puissance de sortie sera de : Puissance d'entrée x Rapport = $15 \times 4 = 60 \text{ W}$.

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 1^{er} 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 appliquée à 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.

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

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 = $(80 \times 100) / 120 = 8000 / 120 = 66,7\%$
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)

R-5.2) 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. Dans le vide, les ondes radio se déplacent à la vitesse de la lumière. La **fréquence** (notée F et 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 :

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

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

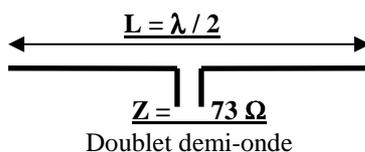
Exemples : Quelle est la longueur d'onde de la fréquence 144 MHz ?

Réponse : $300 / 144 = 2,083$ mètres

A quelle fréquence correspond la longueur d'onde 14,2 mètres ?

Réponse : $300 / 14,2 = 21,1$ MHz

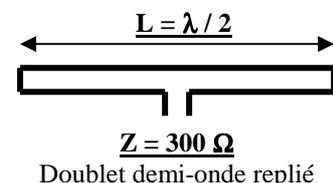
Quelle est la fréquence d'une longueur d'onde de 3 cm ? $3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$; $300 / 0,03 = 10.000 \text{ MHz} = 10 \text{ GHz}$



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 et donnée en Ω , ohms ; Ω : lettre grecque oméga

majuscule) **au point d'alimentation** 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°), $Z = 36 \Omega$.

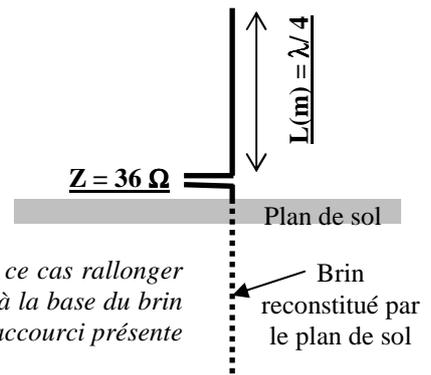
Dans une **antenne doublet demi-onde replié** (aussi appelée trombone), les extrémités libres du dipôle sont reliées par un fil parallèle et proche du doublet si bien que la longueur totale du fil est égale à une longueur d'onde. Cette antenne a une impédance d'environ 300Ω au point d'alimentation lorsqu'il 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 $7,04 \times 2 = 14,08$ m, soit $300 / 14,08 = 21,3$ 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 .

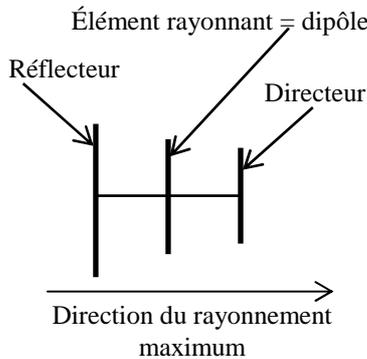


Un brin plus court que le quart d'onde peut être utilisé, mais il faut dans ce cas rallonger artificiellement l'antenne grâce à une bobine (habituellement positionnée à la base du brin ou au milieu de celui-ci) ou par une capacité terminale. Le quart d'onde raccourci présente une impédance plus faible à la résonance.

Exemple : Quelle est la longueur (en centimètres) d'une antenne quart d'onde fonctionnant sur 144 MHz ?

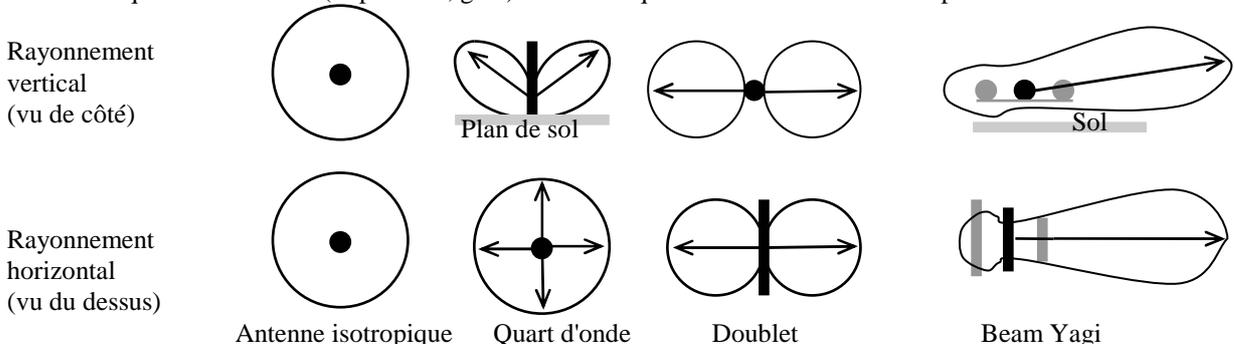
Réponse : la longueur d'onde de la fréquence 144 MHz est : $300 / 144 = 2,083$ m. L'antenne quart d'onde fonctionnant sur cette fréquence aura pour longueur : $2,083 \text{ m} / 4 = 0,52 \text{ m} = 52 \text{ cm}$

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 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.

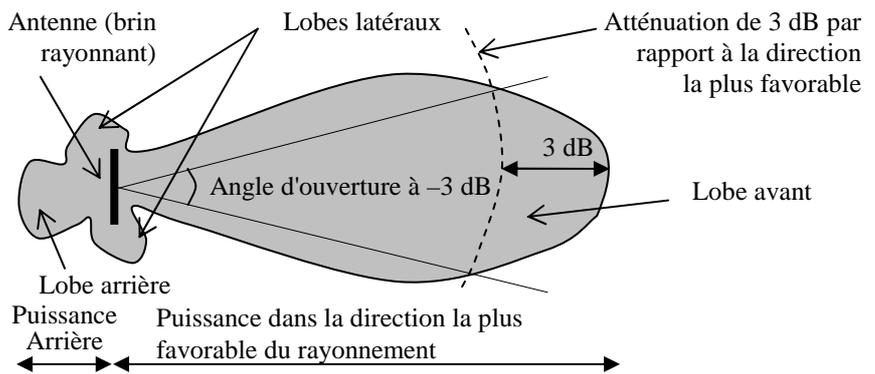
Le gain d'une antenne se mesure dans la direction maximum de rayonnement. Le gain se calcule en dB par rapport à l'antenne doublet (dB_d) ou par rapport à l'**antenne isotropique** (dB_{iso}). Celle-ci est une antenne idéale : un point qui rayonne et dont le lobe de rayonnement est une sphère. Le doublet 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.



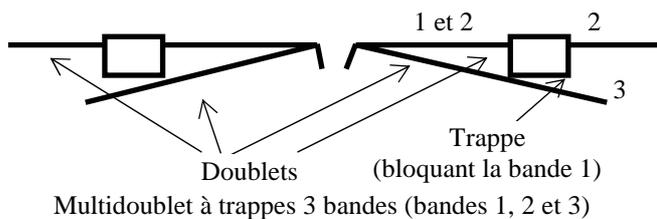
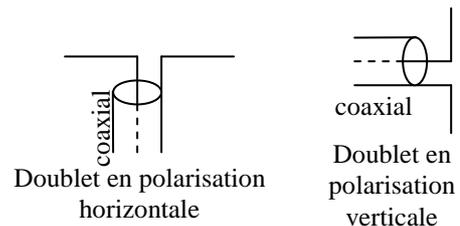
La puissance apparente rayonnée (P.A.R.) est la puissance d'alimentation de l'antenne multipliée par le rapport arithmétique correspondant au gain de l'antenne par rapport au doublet (il faut transformer les dB_d en rapport).

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 1^{er} 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.

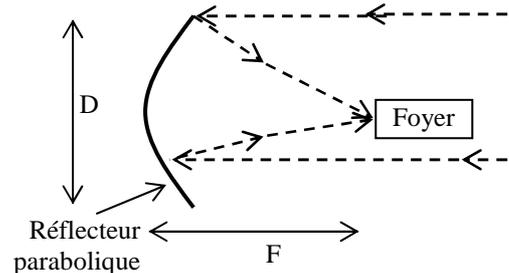


Multidoublet et Doublet avec trappes : une antenne doublet (ou dipôle) ne peut fonctionner que sur une fréquence (ou une bande de fréquences). En reliant plusieurs dipôles par leur centre, un multi-doublet est obtenu. Il fonctionne sur autant de fréquences qu'il y a de doublets accordés. Pour éviter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

La répartition des tensions et intensités le long d'un brin rayonnant et le couplage d'antennes ne sont pas au programme de l'examen de classe 3. Toutefois, quelques questions ont été relevées. Elles sont étudiées au § 9.4 (dipôle), § 9.5 (quart d'onde) et § 9.10 (couplage parfait de deux antennes identiques amenant un gain de 3 dB).

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 placé 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).



R-5.3) Lignes de transmission - voir aussi Technique § 10.1 à 10.4

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_d, 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)

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 x 4 = 200).

Enfin, si le gain de l'antenne est exprimé en dB_{iso} (et non pas en dB_d comme dans l'exemple ci-dessus), le terme de puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) est alors employé.

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, 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 la ligne de transmission et la charge (l'antenne, par exemple) n'ont pas le même impédance, 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 par le **coefficient de réflexion**, noté ρ (rhô), qui est le rapport du courant (tension ou intensité) réfléchi divisé par le courant émis (ou courant incident), ces deux valeurs étant exprimées dans la même unité (volt ou ampère). *Si la mesure est exprimée en watts, le calcul fera intervenir une racine carrée (ce qui rend, à mon opinion, cette formule hors programme de la classe 3 car elle nécessite l'emploi d'une calculette).* Le **TOS** (Taux d'Ondes Stationnaire) est égal à 100 fois ρ :

$$\rho = U_{\text{réfléchi}}(V) / U_{\text{émise}}(V) = I_r(A) / I_e(A) = \sqrt{P_r(W) / P_e(W)} \quad \text{TOS (\%)} = 100 \times \rho$$

Exemple : À l'entrée d'un câble, on mesure une tension incidente de 20 V et une tension réfléchi de 5 V. Quel est le TOS présent dans le câble ? *Même question avec 20 W de puissance émise et 5 W de puissance réfléchi*

Réponses : $\rho = U_{\text{réfléchi}}(V) / U_{\text{émise}}(\text{ou incidente})(V) = 5/20 = 0,25$; TOS (%) = 100 x ρ = 100 x 0,25 = 25 %

$$\rho = \sqrt{P_r(W) / P_e(W)} = \sqrt{5 / 25} = \sqrt{0,25} = 0,5 ; \text{TOS (\%)} = 100 \times \rho = 100 \times 0,5 = 50\%$$

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) :

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

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

Réponse : ROS = Z plus forte / Z plus faible = 50 / 36 = 1,388 / 1 ≈ 1,4 / 1

Le ROS n'est pas au programme de l'examen : dans le texte, seul le TOS est cité. Cependant, des questions sur le ROS et le TOS sont posées. Notez que les appareils de mesure indiquent rarement le TOS et il y a parfois confusion entre le TOS et le taux de puissance réfléchi qui se définit par la formule suivante : (Pr / Pe) x 100

L'adaptation entre l'émetteur et l'ensemble Ligne de transmission + Antenne s'obtient grâce à une boîte de couplage (ou boîte d'accord). L'adaptation entre une ligne de transmission asymétrique (coaxial) et une antenne symétrique (doublet) s'obtient grâce à un transformateur appelé symétriseur ou balun (de l'anglais BALanced UNbalanced). Pour adapter les impédances, une « ligne quart d'onde » peut être utilisée (voir § 10-4)

R-5.4) Brouillage et protections des équipements électroniques - voir aussi Technique § 11.6

La directive européenne 2004/108/CE donne une définition de la Compatibilité ElectroMagnétique (**CEM**) : « aptitude d'équipements à fonctionner dans leur environnement électromagnétique de façon satisfaisante sans produire eux-même de perturbations électromagnétiques intolérables pour d'autres équipements dans cet environnement. (...) Un équipement est un appareil ou une installation [ensemble d'appareils] mis dans le commerce en tant qu'unité fonctionnelle indépendante. (...) Une perturbation électromagnétique peut être un bruit électromagnétique, un signal non désiré ou une modification du milieu de propagation lui-même. »

En radio, la CEM est donc la faculté d'un émetteur de **ne pas perturber son environnement**, en particulier un récepteur, ou la faculté d'un récepteur de **ne pas être perturbé par un émetteur** ou son environnement.

Un matériel électrique ou électromécanique ou électronique (et a fortiori radioélectrique) a un certain **niveau d'immunité** par rapport aux perturbations causées par son environnement électromagnétique. Lorsque les perturbations dépassent ce niveau, son **seuil de susceptibilité** est atteint. Il faut alors prendre des mesures de **durcissement** pour atteindre un meilleur niveau d'immunité.

On parle d'**émission** lorsqu'il s'agit du générateur de perturbations électromagnétiques et de **susceptibilité** lorsqu'il s'agit de matériel perturbé. 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, un filtre passe-haut sera inséré dans la ligne coaxiale des téléviseurs pour prévenir les risques de perturbations. Un filtre passe-bande relié à la masse et dont la fréquence de résonance sera centré sur la bande d'émission peut aussi être inséré dans la ligne de réception. A puissance égale, la FM provoque des perturbations moindres.

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'**intermodulation** 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**.

R-5.5) Protection électrique - pas de référence à la partie Technique

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.

DEUXIÈME PARTIE

TECHNIQUE

0) RAPPELS de MATHÉMATIQUES et d'ALGÈBRE

Ce chapitre préliminaire rappelle les principes mathématiques et algébriques nécessaires à la compréhension et au traitement des formules énoncées dans ce cours. Ce rappel est succinct mais doit permettre de répondre à tous les cas de figures. Il est important de comprendre ces principes et de les appliquer à l'aide d'une calculatrice dans des exemples concrets (voir exercices hors série).

0.1) Transformation d'équation : une équation est une expression mathématique qui indique que **les deux termes de chaque côté du signe = sont de même valeur**. Chacun des deux termes est composé de données (notées A, B, C ou D dans les exemples ci-dessous) et d'une inconnue (notée X). La transformation d'équation permet de **calculer l'inconnue à partir des données**. La transformation des équations s'effectue différemment selon l'opération et est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

Opération	Addition et Soustraction	Multiplication et Division	Puissance et Racine
Equation	$A + B = C - D$	$A \times B = C / D$	$A^2 = B$ ou $C = \sqrt{D}$
Transformation	Changement de signe quand le terme passe de l'autre côté (opposé) : $+ \Rightarrow -$ et $- \Rightarrow +$	Changement d'opérateur quand le terme passe de l'autre côté (inverse) : $\times \Rightarrow /$ et $/ \Rightarrow \times$	Changement de puissance des 2 côtés à la fois : $^2 \Rightarrow \sqrt{\quad}$ et $\sqrt{\quad} \Rightarrow ^2$
Exemples avec X = inconnue A,B,C,D = données	$X + A = C - D$ ou $X - A = 0$ $X = C - D - A$ $X = A$	$X \times A = C \times D$ ou $X / A = B$ $X = \frac{C \times D}{A}$ $X = B \times A$	$X^2 = B$ ou $\sqrt{X} = D$ $X = \sqrt{B}$ $X = D^2$

Le résultat de l'addition des termes est une **somme** ; le résultat d'une soustraction est une **différence** ; le résultat d'une multiplication est un **produit** ; le résultat d'une division (ou fraction) est un **quotient**. Dans une fraction, le terme du haut (ou placé avant le /) est appelé **numérateur** et celui du bas (après le /) est appelé **dénominateur**.

Dans une fraction, les deux termes sont l'un au dessus de l'autre séparés d'un trait ou sur la même ligne séparés par le signe / (barre de fraction). Dans une multiplication, le signe de multiplication (x) placé entre les deux termes peut être remplacé par un point (exemple : $A \cdot B = A \times B$) ou par rien (exemple : $AB = A \times B$). Le signe ² (carré) placé après un nombre signifie que ce nombre est multiplié par lui-même (exemple : $A^2 = A \times A$). Le signe $\sqrt{\quad}$ (racine carrée) placé devant un nombre signifie que le résultat de l'opération multiplié par lui-même donne le nombre (exemple : $\sqrt{A} \times \sqrt{A} = A$).

Les opérations combinées (mélange d'additions et de multiplications par exemple) doivent être traitées dans un ordre précis : puissance (ou racine), puis multiplication (ou division), et enfin addition (ou soustraction). La **place des parenthèses** remet en cause cet ordre : il faut calculer ce qu'il y a à l'intérieur des parenthèses avant de continuer : la parenthèse est prioritaire. Pour des raisons de lisibilité, les crochets [et] sont utilisés : ils ont la même valeur que les parenthèses. Exemple : dans l'équation $A = B \times C + D^2$, on calcule D^2 , puis $B \times C$ et on additionne le tout. Dans l'équation $A = B \times (C + D)^2$, on calcule $C + D$ que l'on met au carré et ce résultat est multiplié par B. Mais attention : $\sqrt{AB} = \sqrt{A \times B}$, par contre $(\sqrt{A}) \times B$ s'écrira $B\sqrt{A}$ pour éviter toute confusion.

Les expressions algébriques se simplifient en supprimant les valeurs de signes opposés dans une addition ou les valeurs communes au numérateur et au dénominateur des fractions : $A + B + C - B = A + C$ puisque $B - B = 0$ et $(A \times B) / (B \times C) = A / C$ puisque $B / B = 1$.

Soustraire un nombre négatif revient à l'additionner : $A - (-B) = A + B$

Une division par une fraction se transforme en une multiplication par l'inverse de cette fraction :

$$1 / (1 / A) = 1 \times (A / 1) = A$$

et $(A / B) / (C / D) = (A / B) \times (D / C) = (A \times D) / (B \times C)$

et encore $A / B / C = (A / B) / (C / 1) = (A \times 1) / (B \times C) = A / (B \times C)$

Lorsqu'on a des **rapports proportionnels** (par exemple : $A / B = C / D$), le théorème de Thalès nous rappelle que l'on a aussi l'équation suivante : $A / C = B / D$. Dans ce cas, l'inconnue (D par exemple) est déterminée par le **produit en croix** qui est égal au produit des valeurs de la deuxième diagonale (B multiplié par C dans notre exemple) divisé par la valeur opposée (A dans notre exemple), d'où : $D = B \times C / A$. Ou, si C est l'inconnue : $C = A \times D / B$. L'utilisation de parenthèses est ici inutile.

La distributivité de la multiplication et de la division par rapport à l'addition et à la soustraction implique que : $(A \times B) + (C \times B) = (A + C) \times B$ mais aussi que : $(A / B) - (C / B) = (A - C) / B$

En radioélectricité, les opérations avec additions et soustractions sont peu utilisées, excepté dans le calcul des circuits équivalents. Par contre, la combinaison multiplication - division - puissance - racine est fréquente.

Exemple d'application de transformation d'équations : loi de Thomson :

si $Z_L = Z_C$, alors $2\pi FL = \frac{1}{2\pi FC}$, donc $(2\pi F)^2 = \frac{1}{LC}$, donc $F^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$, d'où la formule : $F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

0.2) Puissances de 10, multiples et sous-multiples : compte tenu des unités utilisées, il arrive souvent que nous devions utiliser des 0 avant la virgule (farad par exemple) ou après la virgule (hertz par exemple). Pour faciliter la lecture des nombres, les multiples et sous-multiples sont utilisés. Ils sont basés sur des **puissances de 10 qui vont de 3 en 3** (3, 6, 9 et -3, -6, ... pour les sous-multiples). Le tableau ci-dessous indique les multiples et sous-multiples utilisés le plus couramment dans les applications radioamateur.

Symbole Préfixe Puissances de 10		G giga 10^9	M méga 10^6	k kilo 10^3	UNITE 10^0	m milli 10^{-3}	μ micro 10^{-6}	n nano 10^{-9}	p pico 10^{-12}																																																																																
R (ohm)	Ω		M Ω	k Ω	Ω																																																																																				
I (ampère)	A				A	mA	μ A																																																																																		
U (volt)	V			kV	V	mV	μ V																																																																																		
P (watt)	W			kW	W	mW																																																																																			
F (hertz)	Hz	GHz	MHz	kHz	Hz																																																																																				
L (henry)	H					mH	μ H	nH																																																																																	
C (farad)	F						μ F	nF	pF																																																																																
Table de conversion		<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>(exemple</td><td>n°1)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td colspan="4">1 5 0 0</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td colspan="4">0 4 5 0</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="6">0 , 8 0</td> </tr> </table>											0	0	2	5	(exemple	n°1)																						1 5 0 0																				0 4 5 0																								0 , 8 0					
			0	0	2	5	(exemple	n°1)																																																																																	
										1 5 0 0																																																																															
										0 4 5 0																																																																															
														0 , 8 0																																																																											
Exemple n°2																																																																																									
Exemple n°3																																																																																									
Exemple de calcul																																																																																									

D'autres multiples et sous-multiples existent mais ne sont pas utilisés dans les formules de ce cours. Les plus connus sont : hecto (symbole h, 10^2), déca (da, 10^1), déci (d, 10^{-1}), centi (c, 10^{-2}). Il existe aussi le myria (ma, 10^4), utilisé dans les longueurs. De plus, le système international a codé les multiples et les sous-multiples de 10^{24} à 10^{-24} . Au delà du Giga se trouvent : Téra (T, 10^{12}), Péta (P, 10^{15}), Exa (E, 10^{18}), Zetta (Z, 10^{21}), Yotta (Y, 10^{24}) et en deçà du pico : femto (f, 10^{-15}), atto (a, 10^{-18}), zepto (z, 10^{-21}), yocto (y, 10^{-24}). Les symboles des multiples, à partir du méga, sont en majuscule alors que ceux des sous-multiples sont en minuscule. Ces multiples sont des extrêmes : la tension générée par un électron est d'environ 160 zV (zeptovolt), la bande de fréquence des ultraviolets est centrée aux alentours de 1,2 PHz (pétahertz).

Pour passer d'un multiple à l'autre, déplacer la virgule de trois chiffres à chaque multiple. En utilisant la table de conversion ci-dessus, positionner le nombre dans la colonne du multiple de départ avec la virgule sous le grand trait à droite de la colonne. Les cases vides à droite et à gauche du nombre seront remplies avec des 0. Pour passer au multiple ou sous-multiple supérieur, la virgule sera déplacée de trois crans vers la gauche (sous le premier grand trait de gauche). Pour passer au multiple ou au sous-multiple inférieur, la virgule sera déplacée de trois crans vers la droite (sous le premier grand trait de droite). Une fois la conversion faite et la virgule positionnée, retirer les 0 inutiles à gauche de la partie entière et à droite de la partie décimale.

- Exemples :**
- n°1 : conversion k \Rightarrow M : 25 k Ω = , . 25 M Ω = 0,025 M Ω . La case vide entre la virgule et la valeur représentée ci-contre par un point et la case vide à droite de la virgule sont comblées par des 0.
 - n°2 : conversion $\mu \Rightarrow$ m : 1500 μ A = 1,500 mA = 1,5 mA. Les 0 inutiles à gauche de la partie décimale (partie après la virgule) sont supprimés.
 - n°3 : conversion UNITE \Rightarrow m : 0,45 V = 0,450 V = 0450 mV = 450 mV. Le 0 inutile à droite de la partie entière est supprimé.

Il est rarement utilisé, dans les applications courantes, plus de 4 multiples pour une même grandeur. Rappelez-vous des multiples des grandeurs qui vous sont plus familières : kilomètre, mètre, millimètre, micron (= "micromètre") ou encore tonne (= "mégagramme"), kilogramme, gramme, milligramme. Les candidats mal à l'aise avec l'algèbre et les multiples prépareront sur leur feuille de brouillon une table de conversion avec au dessus de chaque grand trait le symbole des multiples et des sous-multiples.

Dans les opérations **d'addition et de soustraction**, il faut impérativement utiliser les valeurs avec les mêmes multiples ou sous-multiples.

Lors des opérations de **multiplications**, les puissances de 10 s'additionnent ; elles se soustraient pour les **divisions** : $10^9 \times 10^6 / 10^3 = 10^{(9+6-3)} = 10^{12}$. La puissance change de signe lorsqu'elle passe en dessous ou au dessus du trait de fraction : $1 / 10^3 = 10^{-3}$ et $1 / 10^{-6} = 10^6$. On rappelle que $10^0 = 1$.

Attention à la **racine carrée** : seules les puissances de 10 paires ($10^6, 10^{12}, 10^{-6}, 10^{-12}$ pour ne citer que les multiples et sous-multiples) sont utilisables car elles sont divisées par 2 : $\sqrt{10^6} = 10^{(6/2)} = 10^3$. Enfin, les puissances de 10 sont multipliées par 2 lors de **l'élevation au carré** : $(10^{-3})^2 = 10^{(-3 \times 2)} = 10^{-6}$.

Exemple de calcul : Calculer P pour U = 20 mV et R = 5 k Ω avec la formule $P = U^2 / R$.

Réponse : il faut en premier lieu convertir les valeurs : 20 mV = 2×10^{-2} Volts et 5 k Ω = 5×10^3 Ohms
 $P = U^2 / R = (2 \times 10^{-2})^2 / 5 \times 10^3 = 4 \times 10^{-(2 \times 2)} / 5 \times 10^3 = 4/5 \times 10^{(-4-(+3))} = 4/5 \times 10^{-7} = 0,8 \times 10^{-7} = 80 \text{ nW}$ (voir table de conversion ci-dessus : la virgule a été placée sous le trait de 10^{-7} , entre les grands traits de 10^{-6} et 10^{-9})

0.3) Utilisation d'une calculatrice : chaque calculatrice est différente : si les 4 opérations classiques, les 10 chiffres, la virgule et le signe = se repèrent facilement, les autres fonctions nécessitent quelquefois d'utiliser une **fonction « seconde »**. Ces fonctions sont souvent indiquées au dessus ou en dessous de la touche (et non sur la touche) et l'appui préalable sur la touche « fonction seconde » permet d'y accéder.

On cherchera pour chaque calculatrice les **12 fonctions** ou opérateurs utilisés dans les formules de ce cours :

- Exposant de 10 (touche marquée **.10^x** ou **Exp** ou E),
- Inversion de signe (touche marquée +/-, servant souvent à entrer des puissances de 10 négatives)
- Racine carrée (symbole $\sqrt{\quad}$) que nous noterons $[\sqrt{\quad}]$. Vérifiez le fonctionnement de la calculatrice : si on veut calculer $\sqrt{A \times B}$, il faudra saisir $(A \times B) [\sqrt{\quad}]$ si la calculatrice n'accepte pas l'écriture naturelle,
- Mise au carré (touche marquée **x²**) que nous noterons $[x^2]$,
- Logarithme décimal (touche marquée **LOG**) que nous noterons $[\text{LOG}]$,
- Puissance de 10 ou Antilog (touche marquée **10^x**, à ne pas confondre avec l'exposant de 10), notée $[10^x]$. Si la calculatrice n'a pas cette fonction, la fonction Puissance (marquée $[\wedge]$) sera utilisée en tapant $10^\wedge x$.
- Inverse (touche marquée **1/x**, x^{-1} ou Inv) que nous noterons $[1/x]$. Vérifiez son fonctionnement.
- Touche donnant la valeur π (3,14159...) que nous noterons $[\pi]$
- Vérifiez la procédure de réinitialisation des mémoires s'il y en a.
- Vérifiez le fonctionnement des parenthèses.
- Vérifiez enfin le fonctionnement des touches d'effacement (touche souvent marquée **C** ou AC pour l'effacement total et **CE** pour l'effacement partiel) et des flèches de modification (si elles existent).

Selon les calculatrices, les résultats peuvent être affichés sous trois formes différentes. L'affichage en **virgule flottante** (fonction souvent marquée FLO) est l'affichage standard par défaut. En affichage **scientifique** (fonction souvent marquée SCI), les nombres sont affichés avec une partie entière toujours comprise entre 1 et 9, une partie décimale (à droite de la virgule) pouvant comporter un grand nombre de chiffres et une puissance de 10 sous la forme d'un nombre entier positif ou négatif. Le mode d'affichage **Ingénieur** (fonction souvent marquée **ENG**) est comparable à l'affichage scientifique mais, dans ce cas, la puissance de 10 est toujours multiple de 3 et la partie entière est comprise entre 1 et 999. C'est ce mode d'affichage que l'on préférera car le résultat apparaît ainsi directement avec les multiples ou sous-multiples connus.

Les données seront saisies en utilisant ou pas les multiples mais l'affichage indiquera toujours un résultat avec multiples lorsque l'affichage en mode Ingénieur est sélectionné. Soit une valeur de 2,5 k à entrer, on saisira 2500 ou $2,5 \cdot 10^3$ en appuyant sur les touches $[2][,][5][\text{Exp}][3]$. En affichage à virgule flottante, ce nombre s'écrira 2500. En notation scientifique comme en notation ingénieur, il s'affichera sous la forme 2,5 E+03 (E pour « exposant de 10 ») ou le plus souvent $2,5^{+03}$ (la calculatrice n'affiche que la puissance de 10 : le signe (+ ou -) suivi de deux chiffres). De même, 250000 s'affichera $2,5^{+05}$ en mode scientifique et 250^{+03} en mode ingénieur (soit, en lecture directe : 250 k car 10^3 correspond au multiple kilo, symbole k). Notez que 10^0 correspond à l'unité : 25 sera écrit $2,5^{+01}$ en affichage scientifique et 25^{+00} en affichage ingénieur. Enfin 0,25 s'affichera $2,5^{-01}$ en mode scientifique et 250^{-03} en mode ingénieur (correspondant à 250 milli). Pour entrer cette valeur avec le sous-multiple milli, on saisira $250 \cdot 10^{-3}$ en appuyant sur les touches $[2][5][0][\text{Exp}][+/-][3]$.

Dans le cours, les calculs à connaître sont repérés par **la mention « Sur une calculatrice »**. Les calculs sont donnés avec la séquence des opérations et des données à entrer. Si la **séquence des opérations** est modifiée, le résultat final peut être faux. Ces calculs sont repris en fin de cours dans les « formules à connaître ». La plupart des calculatrices « Collège » récentes acceptent l'**écriture naturelle** (ou intuitive). La formule est saisie avec les **parenthèses** notées $[(]$ ou $[)]$ puis on appuie sur $[\text{CALC}]$ ou $[=]$ pour afficher le résultat. Enfin, on trouvera dans le cours des **formules simplifiées** nécessitant l'utilisation des multiples ou sous-multiples indiqués.

Dans les exemples de calcul, les 4 opérations classiques seront notées avec les signes +, -, x et ÷ et les données à entrer sont suivies de la valeur entre parenthèses et en italique : (R) pour la valeur d'une résistance en Ω . Les autres opérateurs seront édités entre crochets : par exemple $[x^2]$ pour la fonction de mise au carré.

Les **résultats intermédiaires** tels qu'ils devraient être affichés par la calculatrice dont l'affichage a été paramétré en mode Ingénieur sont indiqués après les signes = que l'on n'est pas obligé de saisir sauf si on souhaite vérifier les résultats intermédiaires. La deuxième ligne, présentée ici uniquement, indique sur quelles touches de la calculatrice il faut appuyer. Enfin, un exemple de calcul en écriture naturelle est présenté.

Exemple : Calculer P pour $U = 20 \text{ mV}$ et $R = 5 \text{ k}\Omega$. (formule : $P = U^2 / R$, soit : $U [x^2] \div R$)

Valeurs à entrer Données Résultat final

Sur une calculatrice : $20 \cdot 10^{-3} (U) = 20 \cdot 10^{-3} [x^2] = 400 \cdot 10^{-6} \div 5 \cdot 10^3 (R) = 80 \cdot 10^{-9}$ soit 80 nW

Séquence des touches : $[2][0][\text{Exp}][+/-][3][=]$ $[x^2]$ $[\div]$ $[5][\text{Exp}][3]$ $[=]$

Résultats intermédiaires Fonctions ou opérateurs

En écriture naturelle : $(20 \cdot 10^{-3})^2 \div 5 \cdot 10^3$ soit, la séquence de touches : $[(] 2 0 [\text{Exp}][+/-] 3 [)] [\wedge] 2 [\div] 5 [\text{Exp}][3] [\text{CALC}]$

Section A : Bases d'électricité et composants passifs

1) LOIS d'OHM et de JOULE

1.1) Les bases de l'électricité reposent sur quatre grandeurs : l'Intensité notée I (le débit) et mesurée en ampère (A) qui correspond au passage d'une quantité d'électricité par seconde ; la Tension ou différence de potentiel (ddp) notée U qui est mesurée en volt (V) ; la Résistance notée R et mesurée en ohm (Ω , lettre grecque oméga majuscule) et la Puissance dégagée (en chaleur dans le cas d'une résistance), notée P et mesurée en watt (W).

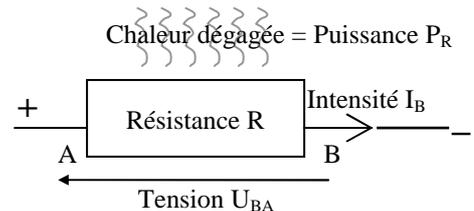
La **résistance** désigne à la fois le phénomène physique (résistance au passage du courant) et le composant (voir description au §1.5). Les anglophones utilisent deux mots différents : resistance (phénomène physique) et resistor (composant). Le composant résistance se schématise par un rectangle (ou, dans les anciens schémas, par une « dent de scie »). Dans les schémas, la valeur du composant est notée à l'intérieur du rectangle. La mention Ω n'est pas obligatoire. Une valeur de 2200 Ω pourra être notée 2200 mais aussi 2,2 k ou encore 2k2.

La **tension** se mesure entre deux points du circuit et se schématise par une flèche entre ces deux points. U_{BA} est la tension entre les points B et A. La tension de référence est prise en B par le fil « Com » du voltmètre ; l'autre fil du voltmètre est à brancher au point A indiqué par la flèche de tension. Dans les schémas, la tension en un point du circuit sera indiquée par rapport à la masse. On appelle "différence de potentiel" (ddp) la chute de tension aux bornes d'une résistance ou d'une charge et "force électromotrice" la tension générée par une source.

L'**intensité** est une « agitation ordonnée d'électrons ». Elle se mesure en un point et se schématise par une flèche en ce point sur le circuit. Le sens de la flèche indique le sens du courant (du + vers le -). L'intensité en un point B du circuit sera notée I_B . Les flèches de tension et d'intensité sont en sens opposé si les valeurs de tension et d'intensité sont positives. Pour mesurer une intensité à l'aide d'un ampèremètre, il faudra couper le circuit et insérer l'instrument de mesure en branchant le fil « Com » de l'ampèremètre sur le fil relié au - du circuit.

Le calcul de la **puissance** dissipée est utile pour optimiser le dimensionnement des composants. Si la puissance dissipée par les composants est rarement indiquée sur les schémas, elle est toujours donnée dans la nomenclature des composants d'un circuit (en particulier pour les résistances).

En prenant des références hydrauliques, la tension est comparable à une différence de pression dans un tuyau et se mesure donc entre deux points d'un circuit. L'intensité est un débit et se mesure en insérant l'instrument de mesure en un point du circuit, comme un compteur d'eau. La résistance est comparable à un rétrécissement du tuyau. La chaleur dégagée par la résistance provient des frottements lors du passage des électrons.



1.2) Lois d'Ohm ($U = R \cdot I$) et de Joule ($P = U \cdot I$). Ces deux lois sont fondamentales car elles expriment les relations entre les quatre grandeurs de base de l'électricité. En développant les deux lois, on trouve les douze équations du tableau ci-dessous : $P = U \cdot I$ et on sait que $U = R \cdot I$; en remplaçant U par $R \cdot I$ dans la première équation, on trouve : $P = (R \cdot I) \cdot I = RI^2$. De même, on sait que $I = U / R$, donc $P = U \cdot I$ devient $P = U \times (U / R)$ donc $P = U^2 / R$. Ainsi, deux données (intensité et résistance, par exemple), permettent de calculer les deux inconnues correspondantes (dans notre exemple : puissance $P = RI^2$ et tension $U = RI$).

Données	P en watts	U en volts	I en ampères	R en ohms
P (W)		$R = U^2 / P$	$R = P / I^2$	$\sqrt{(P / R)}$
U (V)	$I = P / U$		$R = U / I$	$P = U^2 / R$
I (A)	$U = P / I$	$P = U \cdot I$		$P = R \cdot I^2$
R (Ω)	$U = \sqrt{(P \cdot R)}$	$I = U / R$	$U = R \cdot I$	

Les quatre équations éditées en gras ci-dessus servent de base aux quatre **triangles de calcul simplifié**:



Choisissez le triangle contenant vos deux données et votre inconnue puis cachez du doigt l'inconnue : vous obtenez la formule à appliquer. Lorsque les données sont en bas (l'inconnue est en haut du triangle), les données sont multipliées pour obtenir l'inconnue. Lorsque l'inconnue est en bas, les données sont divisées (celle du haut par celle du bas). Lorsque l'inconnue cachée est au carré, le résultat est une racine carrée (exemple : $U^2 = PR$ donc $U = \sqrt{(PR)}$). Le jour de l'examen, si vous n'êtes pas à l'aise en algèbre, commencez par écrire ces quatre formules sur votre feuille de brouillon à côté de la table de conversion : elles seront ainsi toujours sous vos yeux.

Exemple 1 : soit une résistance de 1.500 Ω parcourue par un courant 0,1 A. Quelle est la tension à ses bornes ? Quelle est la puissance dissipée ?

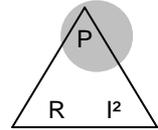
$$U = R \cdot I = 1.500 \times 0,1 = 150 \text{ V}$$

$$P = U \cdot I = 150 \times 0,1 = 15 \text{ W}$$

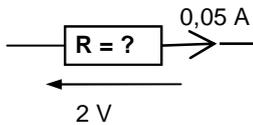
$$\text{ou } P = R \cdot I^2 = 1.500 \times 0,1 \times 0,1 = 15 \text{ W}$$

$$\text{ou encore } P = U^2 / R = (150 \times 150) / 1.500$$

$$= 22.500 / 1.500 = 15 \text{ W}$$



Exemple 2 : P = ?

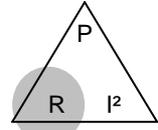


$$P = U \cdot I = 2 \times 0,05 = 0,1 \text{ W}$$

$$R = U / I = 2 / 0,05 = 40 \Omega$$

$$\text{ou } R = P / I^2 = 0,1 / (0,05 \times 0,05) = 0,1 / 0,0025 = 40 \Omega$$

$$\text{ou encore } R = U^2 / P = 2^2 / 0,1 = 4 / 0,1 = 40 \Omega$$



1.3) Autres unités :

le **coulomb** (noté C) est une quantité d'électricité que l'on note Q. L'intensité est un débit et correspond au passage d'un nombre d'électrons (*précisément* : $6,25 \cdot 10^{18}$) par unité de temps (l'unité de temps est la seconde). Un ampère est égal à un coulomb par seconde :

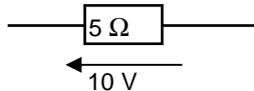
$$Q(C) = I(A) \cdot t(s) \text{ ou encore } I(A) = Q(C) / t(s)$$

De même, il existe une unité d'énergie: le **joule** (noté J). Un watt est un joule par seconde. L'énergie est aussi exprimée en **wattheures** (Wh), avec la relation suivante : 1 Wh = 3600 J. La quantité d'**énergie disponible** est notée E (c'est le même E que l'on retrouve dans la formule $E = MC^2$, à ne pas confondre avec le E (en volts) de la force électromotrice de la pile que nous étudierons plus tard). La quantité d'**énergie consommée** est appelée travail et est notée W (à ne pas confondre avec le W des watts car le travail se mesure en joules). *Le travail en joules peut exprimer une énergie thermique (la chaleur), une énergie chimique (sous l'effet de l'électrolyse, l'eau se décompose en oxygène et hydrogène), une énergie mécanique (énergie déployée pour déplacer un poids) ou une énergie électromagnétique. La notion de travail ne donne pas d'indication sur la durée : pour déplacer une tonne de sable, on utilisera une brouette et le travail se fera en une journée ou on emploiera une pelleuse et le travail sera fait en un quart d'heure : le travail est identique, seule la puissance utilisée change.*

$$E \text{ ou } W(J) = P(W) \cdot t(s) \text{ ou encore } P(W) = E \text{ ou } W(J) / t(s)$$

$$\text{et, en appliquant la loi d'Ohm } (P = U \cdot I) : E \text{ ou } W(J) = U(V) \cdot Q(C)$$

Exemple : Calculer Q en Coulombs et W en Joules



Temps (t) = 30 secondes

Réponses :

$$Q(C) = I \cdot t = (U / R) \cdot t = (10 / 5) \cdot 30 = 2 \times 30 = 60 \text{ C}$$

$$W(J) = P \cdot t = (U^2 / R) \cdot t = (10 \times 10 / 5) \times 30 = 20 \times 30 = 600 \text{ J}$$

$$\text{ou } W(J) = U(V) \cdot Q(C) = 10 \times 60 = 600 \text{ J}$$

1.4) La résistivité

est un nombre qui caractérise le pouvoir d'un matériau à résister au passage du courant électrique continu. La résistivité est notée ρ (lettre grecque minuscule rhô) et se définit en Ωm. La résistance d'un corps dépend de sa résistivité, donc de sa nature mais aussi de ses dimensions. Pour une même résistivité, la résistance d'un corps est proportionnelle à sa longueur et inversement proportionnelle à sa section selon la relation :

$$R(\Omega) = \rho(\Omega m) \cdot L(m) / s(m^2)$$

avec R= résistance, ρ = résistivité du matériau; L = longueur du fil; s = section du fil

Les conducteurs ont une faible résistivité (jusqu'à 0,01 Ωm) ; les isolants en ont une très élevée (plus de 1 MΩm). Entre ces deux extrêmes se trouvent les semi-conducteurs. La résistivité est toujours donnée pour une température du matériau de 20°C. D'une façon générale, la résistivité d'un conducteur augmente avec sa température. Dans ce cas, le **coefficient de température** est positif. Par contre, la résistivité des isolants, en règle général, diminue en fonction de la température : leur coefficient de température est négatif. *Attention à ne pas confondre diamètre (distance en m) et section (surface en m²) : lorsqu'un diamètre est doublé, la section est quadruplée car la relation section/diamètre est : $S = \pi \times D^2 / 4 = 0,785 D^2$*

Exemple : un fil métallique a une longueur de 1 mètre, une section de 2 mm² et une résistance de 6 Ω. Quelle résistance aura ce même fil si sa longueur est de 2 mètres et sa section de 6 mm²?

Réponse : La longueur est multipliée par 2 est la section par 3 $\Rightarrow R = \rho \cdot L / S = 6 \Omega \times (2 / 3) = 4 \Omega$

Résistivité de quelques matériaux à 20°C : Argent = $1,6 \cdot 10^{-8} \Omega m$; Cuivre écroui = $1,8 \cdot 10^{-8} \Omega m$; Or = $2,2 \cdot 10^{-8} \Omega m$; Aluminium = $3 \cdot 10^{-8} \Omega m$; Laiton = $6 \cdot 10^{-8} \Omega m$; Fer = $1 \cdot 10^{-7} \Omega m$; Constantan = $4,9 \cdot 10^{-7} \Omega m$; Nichrome = $1,08 \cdot 10^{-6} \Omega m$; Eau de mer = 0,3 Ωm ; Germanium = 0,46 Ωm ; Silicium = 640 Ωm ; Eau déminéralisée = $2 \cdot 10^5 \Omega m$; Air sec : $1,13 \cdot 10^9 \Omega m$; Porcelaine = $10^{11} \Omega m$; Papier = $10^{15} \Omega m$; Bakélite = $10^{16} \Omega m$; Plexiglas = $10^{17} \Omega m$; Polystyrène = $10^{20} \Omega m$.

La **conductivité** est utilisée pour caractériser les conducteurs. Elle est donnée en $m/\Omega m^2$ ou en S/m (avec S = Siemens = $1/\Omega$). La conductance est l'inverse de la résistance, c'est pourquoi elle était donnée en mho (jeu de mots avec ohm à l'envers) avant que le Siemens soit utilisé.

Dans un conducteur, la densité de courant (en A/mm²) est égal au débit (en ampères) divisé par la section du conducteur (en mm²). La densité de courant dans un fil de cuivre ne doit pas dépasser 5 A/mm².

L'effet de peau, surtout sensible en HF (haute fréquence, au delà de 20 kHz), fait que le courant ne se déplace qu'à la surface des conducteurs. L'épaisseur de la peau d'un fil de cuivre (en µm, microns) dans laquelle passera le courant est estimée par la formule suivante : $e(\mu\text{m}) = 66 / \sqrt{F(\text{MHz})}$. Ainsi, l'épaisseur de la peau sera de 0,5 mm à 20 kHz, 66 µm à 1 MHz, 12 µm à 30 MHz, 5 µm à 150 MHz et 2 µm à 1 GHz. Un câble composé de plusieurs fils de petit diamètre sera utilisé de préférence à un câble monobrin car ceci augmente la section dans laquelle peut se déplacer le courant HF et diminue la résistance du fil. On pourra aussi utiliser du câble recouvert d'un matériau très conducteur (cuivre argenté) ou traité en surface de manière à ce qu'il ne s'oxyde pas (cuivre émaillé) car l'oxydation rend souvent un métal isolant.

1.5) 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.

Depuis quelques années, on ne recense plus de questions sur ce sujet dans les examens de classe 2. Néanmoins, ce paragraphe reste au programme de l'examen et des questions peuvent resurgir...

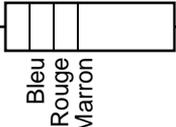
Pour coder une valeur, **trois bagues au moins** sont nécessaires : les deux premières bagues indiquent les deux premiers chiffres de la valeur, la troisième bague indique le nombre de 0 de la valeur. Les bagues doivent se situer à gauche de la résistance et se lisent de la gauche vers la droite.

Le code des couleurs des bagues de tolérance (4^{ème} 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%.

Mnémotechnique Initiale du mot = Initiale de la couleur	Couleur des bagues	1ère bague 1er chiffre Dizaine	2ème bague 2ème chiffre Unité	3ème bague multiplicateur Nombre de 0	4ème bague tolérance +/-
Ne	Noir		0	x 1	sans bague: 20%
Mangez	Marron	1	1	x 10	1 %
Rien	Rouge	2	2	x 100	2%
Ou	Orange	3	3	x 1.000	
Je	Jaune	4	4	x 10.000	
Vous	Vert	5	5	x 100.000	0,5%
Battrai	Bleu	6	6	x 1.000.000	0,25%
VIOlemment,	VIOlet	7	7	x 10.000.000	0,1%
Grand	Gris	8	8	(x 100.000.000)	
BOA	Blanc	9	9	(x 1.000.000.000)	
	Or			x 0,1	5%
	Argent			x 0,01	10%

Il existe une expression mnémotechnique pour se souvenir du code des couleurs : Ne Mangez Rien Ou Je Vous Battrai Violamment, 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) : Violamment correspond à Violet et le Blanc (valeur 9) est à la fin puisque le Noir (valeur 0) est au début.

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 Ω, on utilisera : Marron, Noir, Argent (10 x 0,01 = 0,1) puisque les résistances ont au moins trois bagues.

Exemple : Quelle est la valeur de cette résistance ?  **Réponse** :
 BLEU ⇒ 6
 ROUGE ⇒ 2
 MARRON ⇒ 1
 R = 62 x 10¹ Ω = 620 Ω

Les résistances du commerce ont des valeurs « normées ». La série des valeurs des résistances à 20% de tolérance (sans 4^{ème} bague) est : 10 – 15 – 22 – 33 – 47 – 68. Cette série est nommée E6 car elle comporte 6 valeurs. L'écart entre chaque valeur de résistance a toujours le même rapport qui est fonction de la tolérance (1,47 pour la série E6). Ainsi, il existe des résistances de 150 Ω à 20% de tolérance mais pas de résistance de 200 Ω. Dans la pratique, la valeur la plus proche sera utilisée, soit 220 Ω, dont la valeur sera comprise entre 176 Ω et 264 Ω (±20%). Il existe une série E12 pour les résistances à 10% de tolérance (4^{ème} bague de couleur Argent) dont les valeurs s'insèrent entre chaque valeur de la série E6. De même, il existe aussi une série E24 pour les résistances à 5% de tolérance (4^{ème} bague de couleur Or). Au delà de la série E24, pour des tolérances de 2% ou moins, les résistances sont codées avec 5 bagues : 3 bagues de chiffres significatifs suivies de la bague du multiplicateur et de la bague de tolérance. Ces dernières résistances sont rares et chères.

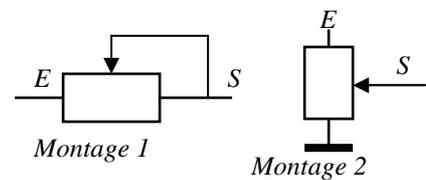
Les résistances existent sous deux présentations : en composant à fils (traditionnels) et en composant monté en surface (CMS) : utilisés de plus en plus souvent avec la miniaturisation des circuits, les CMS sont de petits

parallélépipèdes dont les embouts sont directement soudés sur le circuit imprimé. Le code des couleurs n'est pas utilisé mais les chiffres marqués sur la résistance auront la même signification que dans le code des couleurs : une résistance CMS marquée 682 aura une valeur de $68 \times 10^2 \Omega$, soit 6800Ω . Quatre sortes de résistances avec des méthodes de fabrication différentes sont disponibles dans le commerce :

- les résistances agglomérées sont les plus anciennes et sont fabriquées à partir de poudre de carbone mélangée à un isolant et à un liant.
- les résistances à couche de carbone : une très fine couche de carbone est déposée sur de petits barreaux isolants. Des bagues de connexion sont fixées aux extrémités et la valeur est ajustée en creusant en forme de spirale la couche de carbone. Ce sont les plus courantes et les moins chers.
- les résistances à couche métallique sont de qualité supérieure et sont obtenues en déposant une fine couche d'un alliage résistant sur un barreau isolant.
- les résistances bobinées sont utilisées pour de faibles valeurs et sont constituées d'un fil résistant (en nickel ou cupronickel) bobiné sur un isolant. Leur utilisation en HF est une source de problèmes.

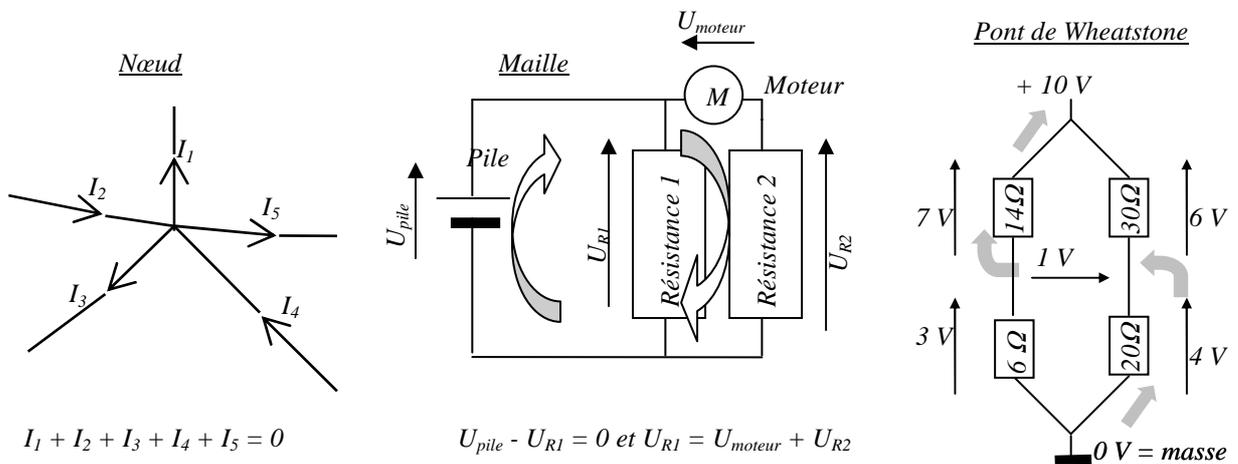
Les résistances sont disponibles sous diverses puissances de dissipation maximum. Cette puissance est directement fonction de la dimension du composant : les plus petites résistances à fils dissipent $\frac{1}{8}$ de watt au maximum et les plus grosses 2 W. Certaines résistances, montées dans un boîtier spécifique, peuvent être fixées sur un radiateur pour dissiper une puissance plus importante.

Il existe des composants dont la résistance est variable (ou ajustable lorsque la valeur est définie une fois pour toutes). Ces résistances sont montées sur un axe ou sur un curseur et peuvent être déportées pour les réglages. Ces composants nommés aussi potentiomètres sont montés en résistances variables (montage 1) ou en pont diviseur (montage 2)



1.6) Loi des nœuds et des mailles :

"Rien ne se perd, rien ne se crée" : la somme algébrique des courants passant en un nœud est nulle. Il y a, dans un nœud, autant de courant qui y entre que de courant qui en sort. La somme algébrique des tensions en une maille est nulle. Quand on fait le tour de la maille, la tension du générateur est absorbée par la charge. La pile génère une tension positive puis R1 génère une chute de tension de valeur inverse. La chute de tension générée par le moteur puis celle générée par R2 est égale à la chute de tension aux bornes de R1 et à la tension générée par la pile. Le pont de Wheatstone est une application de la loi des mailles : observez l'enchaînement des tensions entre les points du circuit : en suivant les flèches grisées, on trouve successivement $+4 -1 +7 = 10$ V.



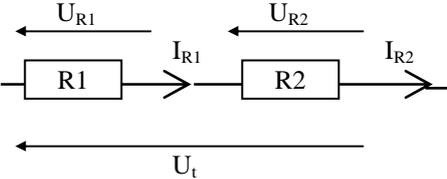
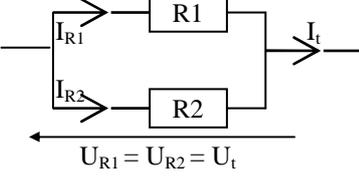
La loi des nœuds et des mailles (appelée aussi lois de Kirchhoff), dont nous n'avons abordé ici que les prémices, est très complexe. Elle n'est pas au programme de l'examen mais doit être connue dans ses grands principes pour comprendre le fonctionnement des circuits électriques et les groupements.

1.7) 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 :

- la résistance équivalente 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 R1 ; U_{R1} se prononce « U indice R1 » ou plus couramment « U de R1 »),

- la répartition de l'intensité totale parcourue dans le circuit (notée I_t) entre chacune des résistances (I_{R1} est l'intensité parcourue dans R1),
- la répartition de la puissance dissipée totale (notée P_t) entre chacune des résistances du groupement (P_{R1} est la puissance dégagée par R1) ;
- 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 $P_R = P_t / n$).

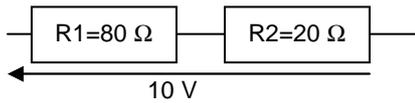
Un **groupement en dérivation** se nomme aussi **groupement en parallèle**. Dans un tel montage, la résistance équivalente du groupement de résistance est toujours inférieure à la plus petite des résistances constituant le groupement. La plus faible résistance du groupement voit passer la plus forte 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 calculette, on posera l'inverse de la somme des inverses des résistances, soit : $1 \div (1 \div R_1 + 1 \div R_2 + 1 \div R_3)$.

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 : $R_t = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$. Enfin, puisque la conductance est l'inverse de la résistance (voir § 1.4), la conductance équivalente est égale à la somme des conductances.

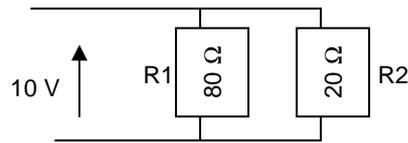
Quand le groupement en dérivation est constitué de **n résistances de valeur identique** R, la résistance équivalente est : $R_t = R / n$. Dans ce cas, les intensités parcourues et les puissances dissipées dans chacune des résistances sont identiques ($I_R = I_t / n$ et $P_R = P_t / n$).

Exemples :

Groupement Série



Groupement Parallèle



Calcul de la résistance équivalente du groupement :

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

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

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

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 : $U_{R1} = U_t - U_{R2} = 10 - 8 = 2 \text{ V}$

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 $P_{R2} = U_{R2}^2 / R_2 = 10^2 \times 20 = 100 / 20 = 5 \text{ W}$

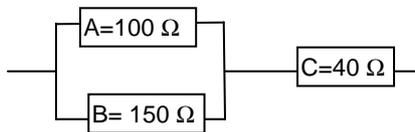
ou par différence : $P_{R2} = P_t - P_{R1} = 6,25 - 1,25 = 5 \text{ W}$

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 U_{R1} 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 $U_{R1} = 10 \times 4 / 5 = 8$ volts (le calcul de R_t 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 ?



Étape 1 :

R totale (ensemble AB)

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

Étape 2 :

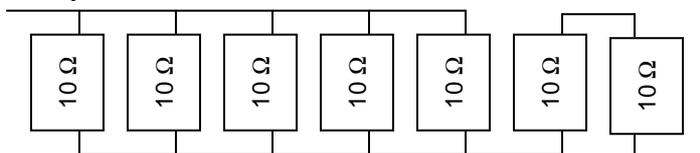
$$R_{\text{totale}} (\text{constitué du groupe AB et de C}) = R_{AB} + 40 = 60 + 40 = 100$$

Sur une **calculatrice**, il faudrait entrer les données suivantes :

$$\text{Calcul de } R_{AB} : R_{AB} = 1 \div (1 \div 100 (R_A) + 1 \div 150 (R_B)) = 60.10^0$$

$$\text{Calcul de } R_{ABC} : 6.10^1 (R_{AB}) + 40 (R_C) = 100.10^0 \text{ soit } 100$$

$R_T = ?$



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

1.8) Autres exemples d'application avec des résistances

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

Réponses : 1^{ère} solution (méthode empirique) : le schéma représente un pont de Wheatstone « équilibré » : 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 Ω. Dans ce cas, la valeur des résistances de chacune des branches (80 Ω et R2 d'un côté et 20 Ω et 5 Ω 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 :

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

2^{ème} solution (en utilisant seulement la loi d'Ohm). En posant R1 = résistance de 80 Ω, R3 = résistance de 20 Ω, R4 = résistance de 5 Ω et U_T = tension d'alimentation du circuit (non précisée), le raisonnement est le suivant :

$$\text{Détermination de } U_{R4} : U_{R4} = U_T \times [R4 / (R3 + R4)] = U_T \times (5 / 25) = U_T / 5$$

$$\text{Si } I = 0, \text{ alors } U_{R4} = U_{R2} = U_T / 5. \text{ D'autre part, } I_{R1} = I_{R2} = U_T / (80 + R2)$$

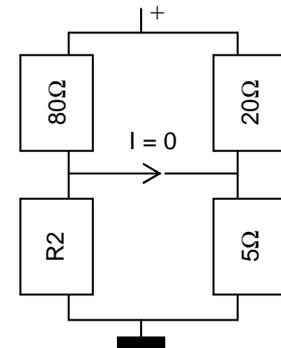
$$R2 = U_{R2} / I_{R2} = (U_T / 5) / [U_T / (80 + R2)] = (U_T / 5) \times [(80 + R2) / U_T] = (80 + R2) / 5$$

$$\text{Il faut maintenant résoudre l'équation : } R2 = (80 + R2) / 5 \Rightarrow 5 \times R2 = 80 + R2 \Rightarrow 5 \times R2 - R2 = 80$$

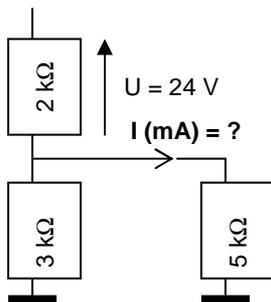
$$\Rightarrow 4 \times R2 = 80 \Rightarrow R2 = 80 / 4 \Rightarrow R2 = 20 \Omega$$

Remarquez qu'il ne nous a pas été utile de connaître la tension d'alimentation du circuit, U_T. 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.

La seconde solution est beaucoup plus longue et dépasse largement les connaissances demandées pour l'examen. La première solution, plus empirique, est plus facile à comprendre et à appliquer.



Exemple n°2



Réponse : selon la loi de Kirchhoff, l'intensité parcourue dans la résistance du haut est égale à celle parcourue dans le groupement du bas. Ensuite, dans le groupement du bas, l'intensité est répartie au prorata inverse des résistances. Le problème se résout par les étapes suivantes :

1) Calcul de l'intensité parcourant l'ensemble du bas (R_T) (on appellera R1 la résistance de 2 kΩ) :

$$I_{RT} = I_{R1} = U_{R1} / R1 = 24 / 2000 = 0,012 \text{ A}$$

2) Calcul de la résistance équivalente de l'ensemble du bas (R_T) :

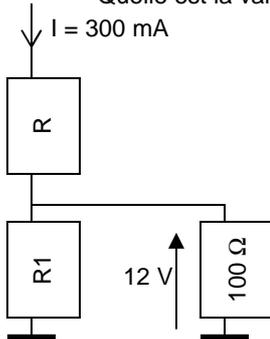
$$R_T = (3 \times 5) / (3 + 5) = 15 / 8 = 1,875 \text{ k}\Omega = 1875 \Omega$$

3) calcul de l'intensité parcourant la résistance de 5 kΩ (I_R) :

$$I_R = I_{RT} \times R_T / R = 0,012 \times 1875 / 5000 = 0,0045 \text{ A} = 4,5 \text{ mA}$$

Exemple n°3

Quelle est la valeur du courant dans R1 (en mA) et quelle est la valeur de R1 (en kΩ) ?



Réponses : les étapes du raisonnement sont les suivantes :

1) calcul de l'intensité parcourant la résistance de 100 Ω (R₂) :

$$I_{R2} = U_{R2} / R2 = 12 / 100 = 0,12 \text{ A} = 120 \text{ mA}$$

2) On sait que l'intensité totale parcourant le circuit est de 300 mA et que cette intensité sera répartie entre R1 et R2 puisque $I_R = I_{R1} + I_{R2}$, donc :

$$I_{R1} = I_R - I_{R2} = 300 \text{ mA} - 120 \text{ mA} = 180 \text{ mA}$$

3) $R1 = U / I = U_{R2} / I_{R1} = 12 / 180 \text{ mA} = 12 / 0,18 = 66,7 \Omega = 0,0667 \text{ k}\Omega$

Dans cet exemple, la valeur de R pourra être quelconque : elle n'intervient pas dans nos calculs.

Exemple n°4

Réponse :

enchevêtrement complexe : on va du plus simple au plus complexe :

$$\text{ensemble du haut } 150\text{-}250 = (150 \times 250) / (150 + 250) = 93,75$$

$$\text{associé à la résistance de } 75 \Omega \text{ en série : } 93,75 + 75 = 168,75$$

$$\text{ensemble du bas } 30\text{-}80 \text{ en série : } 30 + 80 = 110$$

$$\text{ensemble } 168,75\text{-}110 : (168,75 \times 110) / (168,75 + 110) = 66,7$$

$$\text{associé à la résistance de } 100 \Omega \text{ en série : } 66,7 + 100 = 167$$

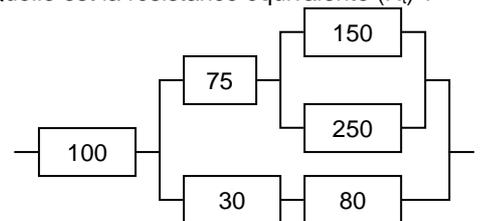
Sur une calculatrice :

$$\text{ensemble } 150\text{-}250 : 1 \div (1 \div 150 + 1 \div 250) = 93,75 \text{ associé à la résistance de } 75 \Omega : 93,75 + 75 = 168,75 = 169$$

$$\text{ensemble du bas } 30\text{-}80 : 30 + 80 = 110 ; \text{ deux ensembles en parallèle : } 1 \div (1 \div 169 + 1 \div 110) = 66,7$$

$$\text{associé à la résistance de } 100 \Omega \text{ en série : } 100 + 66,7 = 166,7 = 167$$

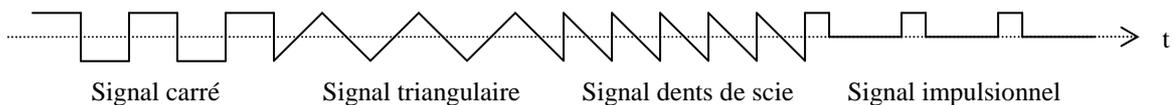
Quelle est la résistance équivalente (R_t) ?



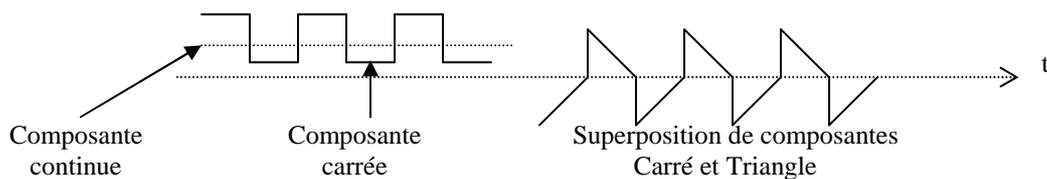
2) COURANTS ALTERNATIFS, BOBINES et CONDENSATEURS

2.1) Courants Alternatifs

Dans le premier 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 régulièrement. Les **courants alternatifs** peuvent prendre plusieurs formes : signal carré, signal triangulaire, signal dent de scie, signal impulsionnel pour les plus courants.

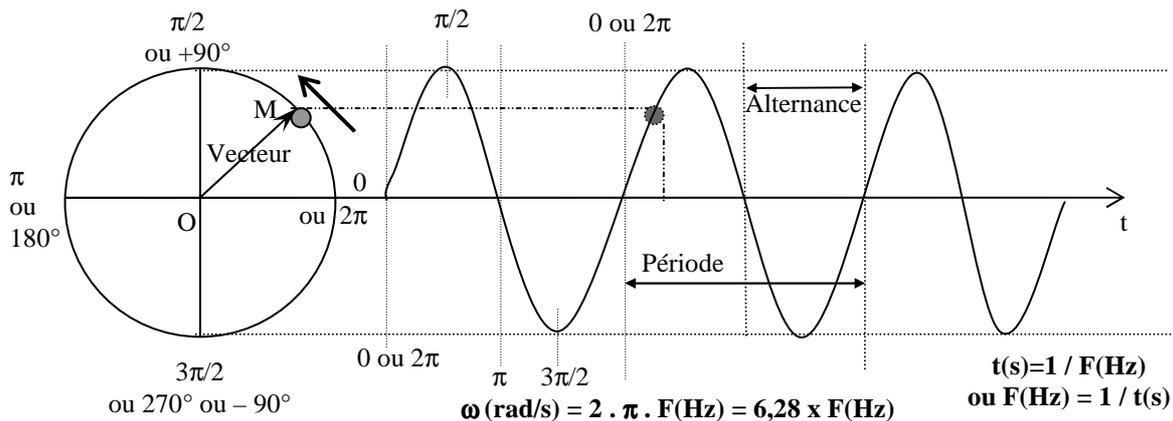


De même, plusieurs courants peuvent se **superposer** : courants continus et courants alternatifs mais aussi courants alternatifs entre eux. Superposer des courants revient à additionner leurs valeurs instantanées. Les courants qui résultent de ces superpositions seront toujours considérés comme des 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 mais aussi en mécanique (mouvement du balancier d'une horloge, d'une bielle entraînée par une roue, ...).

Pour représenter une fonction Sinus, le point M tourne à vitesse constante sur un cercle trigonométrique de centre O dont le rayon est 1 (le vecteur OM tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, appelé aussi sens anti-horaire ou sens trigonométrique). La fonction Sinus représente la hauteur du point M en fonction du temps. Le temps pendant lequel le point M (ou le vecteur OM) fait un tour complet s'appelle **période** (ou **cycle**). 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 $t(\mu\text{s}) = 1 / F(\text{MHz})$. Le radian (noté rad) est une mesure d'angle et est la distance parcourue par le point M sur le cercle trigonométrique. Exemples : $90^\circ = \pi/2 = 1,57 \text{ rad}$; $180^\circ = \pi = 3,14 \text{ rad}$; $360^\circ = 2\pi = 6,28 \text{ rad}$. La **pulsation** (notée ω , lettre grecque oméga minuscule) est la vitesse angulaire du vecteur OM, exprimée en radians par seconde (rad/s).



Exemple 1 : Quelle est la pulsation d'un signal dont la fréquence est de 10 MHz ?

Réponse : $\omega = 2 \cdot \pi \cdot F = 6,28 \times 10\,000\,000 = 62\,800\,000 \text{ rad/s}$

Exemple 2 : 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

*Fourier a démontré que n'importe quelle fonction périodique (quelle que soit sa forme pourvu qu'elle se répète périodiquement) est la somme (superposition) de fonctions sinusoïdales dont les fréquences sont multiples (harmoniques) de la période. La **transformée de Fourier** décrit l'ensemble composé d'un signal continu et de fonctions sinusoïdales superposées. Ainsi tout signal périodique se traite comme des signaux sinusoïdaux.*

2.2) 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 (issue du produit de la tension par l'intensité) ni à la résistance (qui reste, par nature, constante).

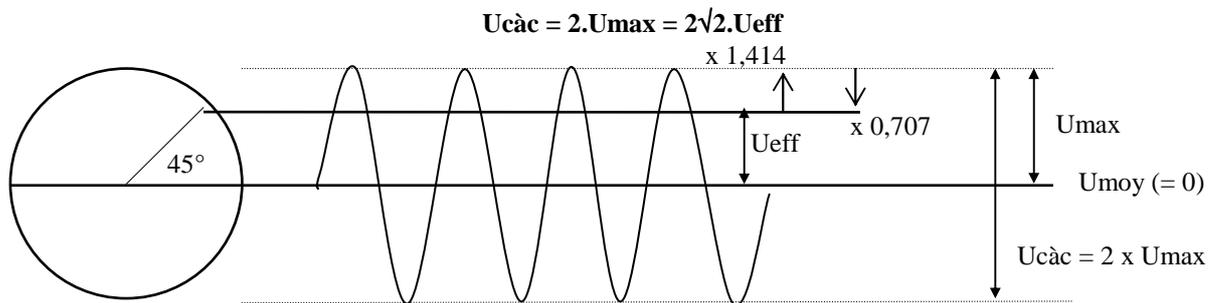
La **valeur maximale** (U_{max} ou I_{max}) d'un signal alternatif est la valeur la plus grande que prend le signal au cours d'une période. Elle est appelée aussi valeur crête ($U_{crête}$ ou $I_{crête}$).

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.

$$U_{max} = \sqrt{2} \cdot U_{eff} = 1,414 \times U_{eff} \text{ ou } U_{eff} = U_{max}/\sqrt{2} = 0,707 \times U_{max}$$

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, voir § 3.4. 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 (loi des aires).

La valeur **crête à crête** ($U_{càc}$ ou $I_{càc}$), 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 :

$U_{eff} = ?$

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

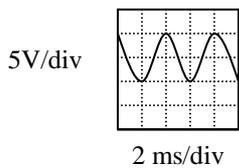
$P = U_{eff} \cdot I_{eff}$
 $U_{eff} = U_{max} \times 0,707$
 $U_{eff} = 14 \times 0,707 \approx 10 \text{ Veff}$
 $P = 10 \text{ V} \times 2 \text{ A}$
 $P = 20 \text{ W}$

$P = ?$

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 au §1.1 que l'intensité est une agitation organisée d'électrons. En courant alternatif, les électrons continuent de s'agiter au rythme du courant mais ne bougent presque plus de place, surtout en haute fréquence. En revanche, la propagation de l'agitation se déplace à la vitesse de la lumière (ou presque), comme en courant continu, en allant de la source vers la charge.

Un **oscilloscope** est un instrument de mesure qui permet de visualiser sur un écran cathodique la forme d'un signal en fonction du temps. Le point lumineux qui parcourt l'écran représente la tension du signal et se déplace de la gauche vers la droite. Une sonde branchée au bout d'un câble collecte la tension à mesurer par rapport à la masse. Un contacteur multipositions (noté U/div) détermine la tension lue sur l'écran cathodique où sont repérées des divisions (en pointillé). Un autre contacteur permet de déterminer la durée de la lecture (temps que met le point lumineux à parcourir une division de l'écran de gauche à droite). Les divisions verticales permettent de déterminer le temps de lecture et donc la fréquence du signal.



Exemples : quelle est la tension efficace du signal visualisé sur l'écran de l'oscilloscope ? Quelle est la fréquence de ce signal ?

Réponses :

- tension efficace : le signal occupe 2 divisions sur l'écran (en hauteur). L'indication 5V/div permet de définir la tension crête à crête du signal, soit 10 V_{càc}, soit 5 V_{max}, soit 3,53 V_{eff} (= 5 V_{max} x 0,707).

- fréquence du signal : une période entière du signal occupe 2 divisions sur l'écran (en largeur). L'indication 2 ms/div permet de définir la durée d'une période du signal, soit 4 ms, soit une fréquence de 250 Hz (4 ms = 0,004 s ; $F = 1/t = 1/0,004 = 250$).

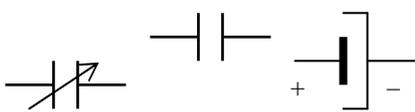
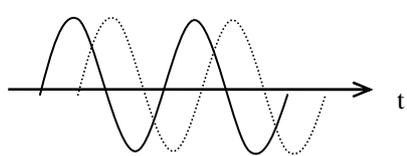
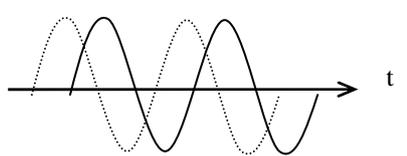
2.3) Bobines et Condensateurs : après le composant Résistance dont nous avons étudié le comportement en présence de courants continus et de courants alternatifs, nous étudions deux composants qui ont des comportements particuliers en présence de courants alternatifs : la bobine et le condensateur.

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 (self-induction) 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 mais suffisant pour répondre aux questions de l'examen lorsque les candidats sont mal à l'aise avec les calculatrices et les calculs avec puissances de 10 (sous évaluation du résultat de 0,1%, ce qui est négligeable vu la tolérance des composants et la précision des instruments de mesure).

Dans les questions de l'examen portant sur des calculs faisant intervenir le nombre π (impédance, fréquence, ...), **les résultats sont toujours arrondis** : ne cherchez pas dans les réponses le chiffre exact que donne votre calculatrice. Dans les formules simplifiées, faire très attention aux multiples et sous-multiples utilisés.

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
Origines du phénomène	Effet électrostatique	Effet électromagnétique
Schémas		
Différenciation condensateurs / bobines	condensateur variable condensateur polarisé	Bobine à noyau
Unités	farad (F) μ F, nF, pF	henry (H) mH, μ H, nH
Dimensions	$C = d \cdot S / E$ 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	<i>Formule avec diélectrique à air</i> $C(pF) = 8,85 \cdot S (cm^2) / E (1/10 mm)$ <i>Si le diélectrique n'est pas de l'air, il faut multiplier le résultat par le coefficient du diélectrique (voir ci-après)</i>	<i>Formule de Nagaoka simplifiée</i> $L = \frac{N^2 \cdot R^2}{22,5 R + 25 B}$ avec L en μH , N = nb de spires, R = rayon intérieur de la bobine (en cm), B = longueur de la bobine (en cm)
Définitions physiques	$C(F) = Q(C) / U(V)$ 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 Φ = flux généré par la bobine (en Weber) $E(J) = \frac{1}{2} L(H) \cdot I^2(A)$
Fonctions	laisse passer les tensions alternatives	s'oppose aux variations d'intensité
Impédance	Capacitance : $Z_C = 1 / \omega C$ $Z(\Omega) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot F(Hz) \cdot C(F)}$ $Z(\Omega) = 159 / F(MHz) / C(nF)$	Réactance : $Z_L = \omega L$ $Z(\Omega) = 2 \cdot \pi \cdot F(Hz) \cdot L(H)$ $Z(\Omega) = 6,28 \times F(MHz) \times L(\mu H)$
formule simplifiée		
Parallèle	$C_t = C_1 + C_2$	Montage rarement utilisé
Groupement	Inverse des résistances	Comme pour les résistances
Série	$C_t = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$	$L_t = L_1 + L_2 \pm M$ M est la mutuelle induction entre L1 et L2
Déphasage 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 (appelées aussi armatures) 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 : $C(F) = \epsilon \cdot S(m^2) / E(m)$ 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**. La permittivité, ϵ (lettre grecque epsilon minuscule), du diélectrique est fonction du matériau employé. Le diélectrique de référence est le vide dont la permittivité, ϵ_0 , est $1/(36\pi 10^9) F/m$, soit $8,8419 \cdot 10^{-12} F/m$. La permittivité de l'air sec a une valeur très proche : $8,8542 pF/m$. La permittivité relative, ϵ_r (ou coefficient diélectrique) d'autres matériaux est définie par rapport à celle du vide (ϵ_r du vide = 1) : 1,0014 pour l'air sec ; 2,1 pour le téflon ; 2,3 pour le Polyéthylène (PE) solide ; 3 à 4 pour le papier ; 4,5 pour la fibre de verre ; 5 à 6 pour le mica et la bakélite ; 10 pour le verre ; 10 et plus pour les céramiques. Ainsi, la permittivité du polyéthylène solide est : $\epsilon_0 \cdot \epsilon_r = 1/(36\pi 10^9) \times 2,3 = 2 \cdot 10^{-11} = 20 pF/m$

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, Multiplieur (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. Enfin, la valeur des très anciens condensateurs peut être notée en cm avec $1 cm = 1,1 pF$.

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 : $E(J) = Q^2(C) / 2 \cdot C(F)$.

Le pouvoir d'isolement du diélectrique se nomme la rigidité : au delà d'une tension déterminée par l'épaisseur et la rigidité du diélectrique, celui-ci sera percé (claquage). Rigidité de quelques matériaux (en kV/mm) : 4 pour l'air sec, 6 pour le papier, 10 pour le carton, le verre et la bakélite, 17 pour le téflon et le PE, 70 pour le mica.

La **bobine** 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 $1 \mu H$ 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 ampère-mètres (A.m) pour les fils rectilignes et en ampère-tours (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 donné 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 $4\pi 10^{-7} H/m$. 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. Le terme d'**impédance** est employé et plus précisément de **réactance** dans la cas de la bobine et de **capacitance** (ou réactance négative) dans le cas du condensateur. 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.

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. Si les bobines sont couplées, il faut ajouter ou soustraire la **mutuelle-induction**, elle-même fonction du **coefficient de couplage** des bobines (coefficient k compris entre -1 et $+1$: si $k = 1$, les bobines sont parfaitement couplées ; si $k = 0$, elles ne sont pas couplées ; si $k < 0$, rendant la mutuelle-induction négative, le sens des spires des bobines est inversé). Pour éviter le couplage des bobines, on pourra soit les éloigner suffisamment entre elles, soit isoler leur champ magnétique à l'aide d'un blindage ou simplement les disposer perpendiculairement entre elles, ce qui sous-entend qu'on ne peut disposer ainsi plus de trois bobines (une bobine dans chacun des trois axes).

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 : $U_t = U_{C1} + U_{C2} + \dots$. De plus, par définition, $Q = C \times U$, on en déduit que $U = Q / C$. Remplaçons U par sa valeur : $Q_t / C_t = Q_{C1} / C1 + Q_{C2} / C2 + \dots$. 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_t). 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).

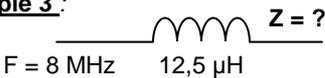
Le **déphasage introduit par la bobine** s'explique ainsi : lorsqu'un courant continu parcourt la bobine, elle crée un champ magnétique dans ses spires. En l'absence de variation du courant, aucune tension n'apparaît aux bornes de la bobine. Si le courant parcourant la bobine diminue, le champ de la 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 µH. Cette bobine possède 40 spires. Quelle sera la valeur de l'inductance avec seulement 10 spires (en nH)?

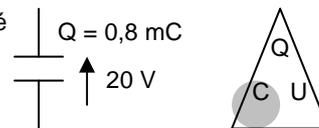
Réponse : $L = F \cdot N^2 \cdot D^2$; si $N / 4 \Rightarrow L / 4^2 \Rightarrow L / 16 \Rightarrow L = 5 \mu H / 16 = 0,3125 \mu H = 312,5$ nH ; en fait, comme la forme de la bobine change car elle est plus courte ou, si on l'étire pour garder la même longueur, l'espace entre les spires est plus grand,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

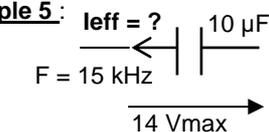
Exemple 3 :  $Z = ?$
 $F = 8$ MHz $12,5$ µH

Réponse :
 $Z = \omega L = 2\pi FL = 6,28 \times 8 \cdot 10^6 \times 12,5 \cdot 10^{-6} = 6,28 \times 8 \times 12,5 = 628 \Omega$
 sur une calculatrice : $2 \times [\pi] \times 8 \cdot 10^6 (F) \times 12,5 \cdot 10^{-6} (L) = 628 \cdot 10^0 = 628 \Omega$
 formule simplifiée : $6,28 \times 8 (F \text{ en MHz}) \times 12,5 (L \text{ en } \mu H) = 628 \Omega$

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

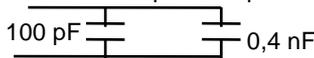
Réponses : $C(F) = Q(C) / U(V) = 0,0008 / 20 = 0,00004$ F = 40 µF
 $E(J) = \frac{1}{2} \times Q(C) \times U(V) = \frac{1}{2} \times 0,0008 \times 20 = 0,008$ J = 8 mJ



Exemple 5 : $i_{eff} = ?$  10 µF
 $F = 15$ kHz 14 Vmax

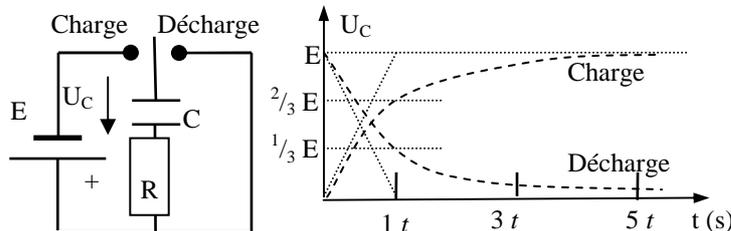
Réponse :
 $Z = 1 / (2\pi FC) = 1 / (6,28 \times 15 \cdot 10^3 \times 10 \cdot 10^{-6}) = 10^3 / (6,28 \times 15 \times 10) = 1000 / (6,28 \times 150) \approx 1 \Omega$
 14 Vmax $\times 0,707 \approx 10$ Veff ; $I = U / Z = 10V / 1\Omega = 10$ Aeff (valeur exacte = 9,33)
 sur une calculatrice, $Z = 2 \times [\pi] \times 15 \cdot 10^3 (F) \times 10 \cdot 10^{-6} (C) = 9,42 \cdot 10^{-1} [1/x] = 1,0610 \cdot 10^0$
 formule simplifiée : $159 / (F \times C) = 159 \div 0,015 (F \text{ en MHz}) \div 10000 (C \text{ en nF}) \approx 1$
 en écriture naturelle : $Z = 1 \div (2 \times [\pi] \times 15 \cdot 10^3 (F) \times 10 \cdot 10^{-6} (C)) = 1,0610 \cdot 10^0 \approx 1$

Exemple 6 : Calculer la capacité équivalente (en pF)



Réponse :
 $0,4$ nF = 400 pF
 $C_t = C_1 + C_2 = 100 \text{ pF} + 400 \text{ pF} = 500$ pF

2.4) Charge, décharge et constante de temps pour les condensateurs :



$$t(s) = R(\Omega) \cdot C(F) \text{ ou } t(ms) = R(k\Omega) \cdot C(\mu F)$$

Temps	Charge	Décharge	
1 t	63%	2/3	37%
2 t	87%	8/9	13%
3 t	95%	26/27	5%
4 t	98,2%	80/81	1,8%
5 t	99,3%	1	0,7%

Le circuit ci-dessus est constitué d'un condensateur C suivi d'une résistance R en série. Lorsque l'inverseur est sur « Charge », la pile remplit le condensateur. Lorsque l'inverseur est sur « Décharge », le condensateur se vide. Pour déterminer le temps de charge du condensateur, on part de la formule $t(s) = Q(C) / I(A)$ (voir §1.3). On sait que, par la définition du condensateur, $Q(C) = C(F) \times U(V)$ et que, dans la résistance, $I = U/R$. Par substitution ($t = C \times U / [U/R]$), on en déduit la **constante de temps**, $t(s) = R(\Omega) \times C(F)$. Mais, à mesure que le condensateur se charge, la tension aux bornes de R diminue et le courant remplissant le condensateur diminue si bien qu'au bout du temps t, le condensateur n'est chargé qu'au deux tiers environ de la tension présente à ses bornes (63,21% exactement, soit $1 - (1 / 2,718)$). Au bout de 1 t, on a $U_C = (2/3) \times E$. Au bout de 2 t, la tension sera $(8/9) \times E$ (ou $E - (1/3)^2 \times E$). A 3 t, on aura $(26/27) \times E$ (ou $E - (1/3)^3 \times E$), etc. Au bout de 5 t (plus de 99%), le condensateur est considéré comme chargé. Le raisonnement est inverse pour la décharge : à chaque constante de temps, le condensateur se vide du tiers de la tension restant à ses bornes. Au bout de 1 t, il reste $(1/3) \times E$; au bout de 2 t, il reste $(1/9) \times E$ (ou $(1/3)^2 \times E$), etc. Au bout de 5 t, la tension résiduelle est inférieure à 1% de la tension d'origine : le condensateur s'est vidé. En théorie, le condensateur n'est jamais vide ni complètement chargé.

Exemple : un condensateur de 100 µF se vide par l'intermédiaire d'une résistance de 8 kΩ. En combien de temps le condensateur se videra-t-il (moins de 1% de sa tension d'origine) ?

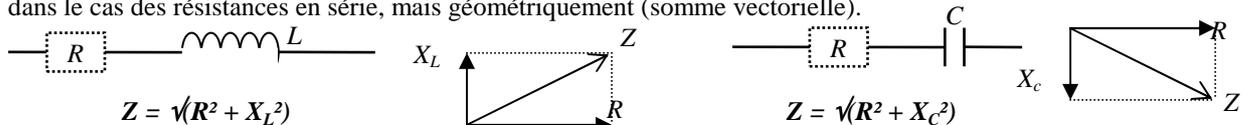
Réponse : le condensateur sera vide au bout de 5 t : $t(s) = R(\Omega) \cdot C(F) = 8 \cdot 10^3 \times 100 \cdot 10^{-6} = 800 \cdot 10^{-3} = 800$ ms ou formule simplifiée : $t(ms) = R(k\Omega) \cdot C(\mu F) = 8 \times 100 = 800$ ms ; $5t = 5 \times 800$ ms = 4000 ms = 4 s

En charge, la tension aux bornes du condensateur est : $U_C(V) = E(V) \times (2,718^{-(t(s)/R(\Omega)C(F))})$. En décharge, la formule devient : $U_C(V) = E(V) \times [1 - (2,718^{-(t(s)/R(\Omega)C(F))})]$. 2,718 (nombre « e ») est égal à $[1 + (1/n)]^n$, n étant très grand. L'établissement du courant dans une bobine (ou l'interruption du courant) suit la même courbe. La constante de temps est, dans ce cas, $t(s) = L(H) / R(\Omega)$. Lors de l'interruption brusque du courant, une tension inverse peut atteindre plusieurs dizaines de fois la tension présente aux bornes de la bobine (loi de Lenz).

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

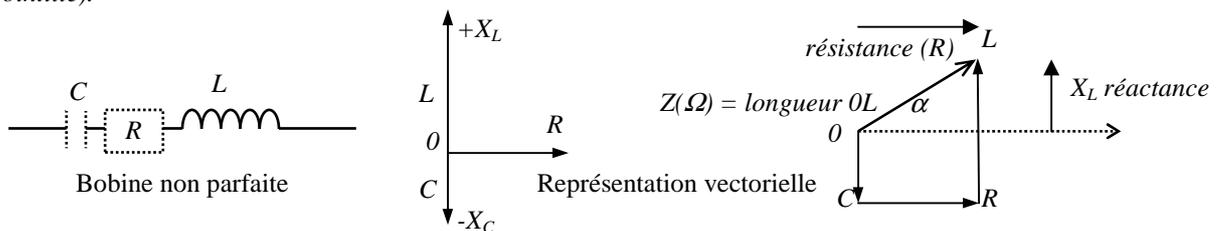
Les bobines et les condensateurs ne sont jamais parfaits : ils ont toujours une partie résistive que nous appelons résistance pure. Dans les schémas ci-dessous, la résistance pure est représentée en pointillé. Rappelons que, du fait de l'effet de peau, le courant ne se déplace qu'en surface des fils, 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 $\pm 90^\circ$) 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).



Arcsinus (noté arcsin ou \sin^{-1}) est la fonction inverse du Sinus

Exemple : $\sin(45^\circ) = 0,707$ et $\sin^{-1}(0,707) = 45^\circ$

Sur certaines calculettes, les angles doivent être exprimés en radians (et non pas en $^\circ$) c'est-à-dire en longueur sur le cercle trigonométrique dont la demi-circonférence (soit 180°) mesure π .

Exemples : $45^\circ = (45 / 180) \times \pi = \pi / 4 = 0,7854$ radian

$1,05$ rad = $1,05 \times 180 / \pi = 60^\circ$; $360^\circ = 2 \pi = 6,28$ radians

$\sin(45^\circ) = \sin(0,7854 \text{ rad}) = 0,707$ et $\sin^{-1}(0,707) = 0,7854 \text{ rad} = 45^\circ$

$$Z(\Omega) = \sqrt{R^2 + [X_L - X_C]^2} = R \pm jX$$

α = déphasage de U par rapport à I

$$= \text{arctg}(X / R)$$

$$= \text{arctg}((X_L - X_C) / R)$$

$$= \arcsin(X / Z)$$

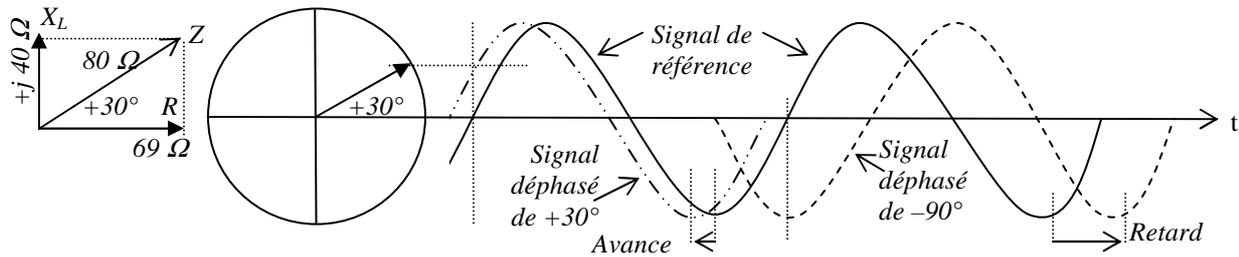
$$= \arcsin[(X_L - X_C) / \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}]$$

$$= \arccos(R / Z)$$

$$= \arccos[R / \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}]$$

Exemple : une bobine de $6 \mu\text{H}$ est parcourue par un courant de $1,06 \text{ MHz}$. 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 : $X_L = Z_L = 2\pi FL = 6,28 \times 1,06 \cdot 10^6 \times 6 \cdot 10^{-6} = 6,28 \times 6,36 = 40 \Omega$;
 $Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{69^2 + 40^2} \approx 80 \Omega$; Déphasage = $\arctg(X/R) = \text{tg}^{-1}(40/69) = \text{tg}^{-1}(0,5797) = +30^\circ$



Le déphasage de tension introduit par les bobines et les condensateurs est compris entre $+90^\circ$ et -90° . La représentation d'un signal déphasé est illustrée par le schéma ci-dessus : à gauche, le signal en pointillé est en avance de 30° par rapport au signal de référence et correspond au déphasage de la tension par rapport à l'intensité de la bobine de l'exemple ci-dessus. L'impédance du signal s'écrit $69 \Omega + j40 \Omega$. A droite, le signal en pointillé est en retard de 90° et correspond au déphasage de tension par rapport à l'intensité introduit par un condensateur parfait.

Le rapport entre l'impédance de la bobine (ou du condensateur) et sa résistance pure détermine le déphasage mais aussi le coefficient de qualité appelé facteur Q : on a $Q = Z/R$ ou $Q = 1/\cos \alpha$. Q exprime le rapport entre l'énergie totale emmagasinée dans le composant et l'énergie qui sera dissipée en chaleur. Si R est petit par rapport à Z , le déphasage est faible et $Q = 2\pi FL/R = 1/(2\pi FCR)$. Q dépend donc de la fréquence mais aussi de la résistance pure : plus R est petit, plus le coefficient de qualité Q est important et meilleur est le composant.

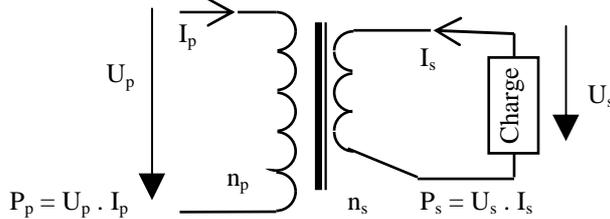
Exemple : à partir des données de l'exemple ci-dessus, calculer le facteur Q de l'ensemble.

Réponse : $Q = Z/R = 80/69 = 1,16$ ou encore $Q = 1/\cos \alpha = 1/\cos(30^\circ) = 1/0,866 = 1,16$

Les résistances, du fait de leur mode de fabrication, ont des composantes inductives (spirale creusée dans le matériau pour ajuster la valeur) et capacitives (les embouts des résistances), voir § 1.5. Les résistances de faible valeur (jusqu'à 100Ω) ont un comportement globalement plutôt inductif et les résistances supérieures à 300Ω sont plutôt capacitives. Vers $150\text{-}200 \Omega$, les deux effets s'annulent jusqu'à quelques GHz. Ces résistances, montées en série ou en dérivation pour obtenir la valeur désirée, sont utilisables en très haute fréquence.

3) TRANSFORMATEURS, PILES et GALVANOMÈTRES

3.1) -A- Un transformateur est composé d'au moins deux enroulements bobinés autour d'un même circuit magnétique. Ce circuit magnétique est composé, par ordre croissant de la fréquence du courant, d'un empilement de tôles minces (représenté par un double trait comme ci-dessous), de ferrite (représentée en pointillé comme au § 2.3) ou d'air (pas de circuit magnétique représenté). Le transformateur est un cas particulier de bobines couplées. L'énergie est appliquée sur le **primaire** et est récupérée sur le ou les **secondaires**. Un transformateur ne transforme que des courants alternatifs (et si possible sinusoïdaux). Un transformateur possède plusieurs caractéristiques : le **nombre de spires** de ses enroulements (n_p pour le primaire et n_s pour le secondaire) donne le rapport de transformation $N = n_s / n_p$ (si $N > 1$, le transformateur est élévateur, sinon il est abaisseur) ; la **puissance** utile délivrée au(x) secondaire(s) du transformateur est exprimée en volt-ampères (VA) et non pas en watts car il s'agit d'une puissance délivrée sur le secondaire et non pas consommée comme le ferait une simple résistance ; le **rendement** η (lettre grecque eta minuscule) est le rapport en % obtenu en divisant la puissance à la sortie du ou des secondaires (P_s) par la puissance d'entrée (P_p). Un transformateur parfait (ou idéal) a un rendement de 100% : toute l'énergie présente sur le primaire est transférée sur le ou les secondaires.



$$N = \text{Rapport de transformation} = n_s / n_p$$

$$P_s = U_s \cdot I_s = U_p \cdot I_p \Rightarrow \eta = 100\%$$

$$U_s = U_p \cdot N \quad \text{ou} \quad U_p = U_s / N$$

$$N = U_s / U_p \quad \text{ou} \quad N = I_p / I_s$$

$$I_s = I_p / N \quad \text{ou} \quad I_p = I_s \cdot N$$

$$Z_s = Z_p \cdot N^2 \quad \text{ou} \quad Z_p = Z_s / N^2 \quad \text{ou} \quad N = \sqrt{(Z_s / Z_p)}$$

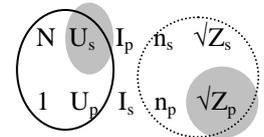
Les formules sont regroupées dans le tableau ci-contre où la première ligne est proportionnelle à la seconde. Une fois déterminés les deux couples de valeurs (le couple où se trouve l'inconnue et un autre couple de données), l'inconnue se calcule par le produit en croix (voir les exemples ci-dessous et § 0-1). Si l'impédance est l'inconnue, la formule est à élever au carré (voir exemple 2 ci-dessous).

N	U _s	I _p	n _s	√Z _s
1	U _p	I _s	n _p	√Z _p

Exemple 1 : un transformateur, alimenté en 282 Vmax à son primaire, a un rapport de transformation de 1/10. Quelle sera la tension efficace mesurée au secondaire ?

Réponse : $U_p = 282 \text{ Vmax} \times 0,707 = 200 \text{ Veff}$; $U_s = U_p \times N = 200 \times 1/10 = 20 \text{ Veff}$

Pour utiliser le tableau dans cet exemple, on retient le couple contenant l'inconnue, U_s , et le couple contenant N (valeurs entourées d'un trait plein ci-contre). Le calcul par le produit en croix est : $U_s = \text{produit de la 2}^{\text{ème}}$ diagonale ($N \times U_p$ dans notre exemple) divisé par la valeur opposée (1 dans notre exemple) = $(U_p \cdot N) / 1 = 200 \times 1/10 = 20 \text{ Veff}$.



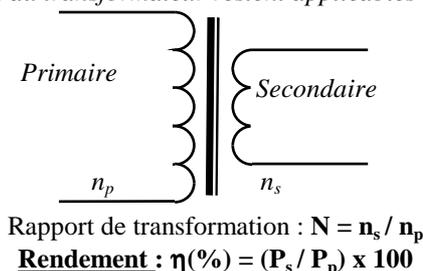
Exemple 2 : sur le secondaire d'un transformateur est branchée une résistance de 200 ohms. Le transformateur possède 80 spires au primaire et 40 spires au secondaire. Quelle impédance mesure-t-on au primaire ?

Réponse : $N = n_s / n_p = 40 / 80 = 1/2 = 0,5$; $Z_p = Z_s / N^2 = 200 / 0,5^2 = 800 \Omega$.

Pour utiliser le tableau, seules les valeurs entourées d'un pointillé seront retenues : produit en croix = produit de la 2^{ème} diagonale ($\sqrt{Z_s} \times n_p$ dans notre exemple) divisé par la valeur opposée (n_s dans notre exemple) :

$\sqrt{Z_p} = \sqrt{Z_s} \times n_p / n_s$; en élevant au carré : $Z_p = Z_s \times n_p^2 / n_s^2 = 200 \times 80^2 / 40^2 = 200 \times 6400 / 1600 = 800$.

3.2) Transformateur non parfait : excepté le **calcul du rendement**, l'étude du transformateur non parfait n'est pas au programme de l'examen. Le rendement est fonction du coefficient de couplage (k , voir § 2.3) des enroulements. *Un rendement de 80% est courant pour les transformateurs d'alimentation. En utilisation normale, le rendement influe plus sur le courant que sur la tension. Plus on se rapproche de la puissance maximum admise par le transformateur, plus la tension du secondaire baisse (jusqu'à 5%) et un transformateur sous-utilisé (ou sous-dimensionné) a un mauvais rendement. Le rendement est optimum pour la puissance au secondaire conseillée (en VA) par le constructeur. Le rendement influe aussi sur le rapport de transformation des impédances. Un autotransformateur aura son primaire et son secondaire bobinés sur le même enroulement : dans la partie commune du bobinage circule le courant du primaire et le courant du secondaire. Les formules de calcul du transformateur restent applicables à l'autotransformateur.*



$$P_s = U_s \cdot I_s = P_p \cdot \eta$$

$$P_p = U_p \cdot I_p$$

$$U_s = U_p \cdot N$$

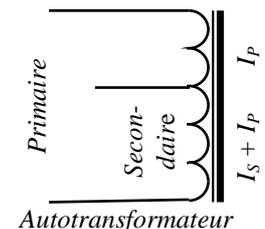
$$I_s = (I_p \cdot \eta) / N$$

$$Z_p = U_p / I_p$$

$$Z_s = U_s / I_s$$

$$= (U_p \cdot N) / (I_p / N \cdot \eta)$$

$$= (U_p \cdot N^2 \cdot \eta) / I_p = Z_p \cdot N^2 \cdot \eta$$



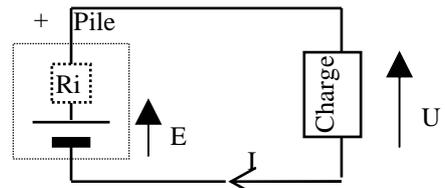
Le courant alternatif dans l'enroulement primaire engendre dans le circuit magnétique un flux alternatif. Ce flux variable engendre un courant alternatif dans le secondaire mais aussi dans la tôle du circuit magnétique. Ces courants induits sont dits courants de Foucault et provoquent l'échauffement de la tôle, donc des pertes. Pour limiter ces pertes, le circuit magnétique sera feuilleté et chaque élément (en forme de E ou de I) sera isolé par vernissage. Les pertes par courants de Foucault sont proportionnelles au carré de la fréquence, ce qui justifie la diminution de l'épaisseur des tôles quand la fréquence augmente. Pour les fréquences élevées (au-delà de la B.F.), le feuilletage ne suffit plus, des poudres ferromagnétiques (ferrite) sont alors employées.

3.3) Les piles et les accumulateurs sont des réserves de courant continu : ils accumulent l'électricité grâce à une réaction chimique. Seuls les accumulateurs sont rechargeables. Une pile est une source ; un accumulateur est une source ou une charge selon qu'on le fait débiter ou qu'on le recharge. Une pile (ou un accumulateur) possède des caractéristiques propres : sa force électromotrice, sa résistance interne et sa capacité.

La **force électromotrice** ou fém (notée E), en volts, est la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas (sans charge). La fém dépend de la constitution chimique de la pile : deux électrodes, constituées de deux matériaux différents et baignant dans un électrolyte, forment un couple électrolytique. L'**électrode** positive, représentée par le trait le plus long sur les schémas, est reliée au + ; l'électrode négative, formant la carcasse des piles et représentée par le trait gras et court, est reliée au - (Attention : dans la représentation schématique des condensateurs électrochimiques, la carcasse est représentée par le grand trait en forme de U et est reliée au -, voir § 2.3). Les électrodes baignent dans un électrolyte acide ou alcalin. L'électrolyte, parfois gélifié, est le plus souvent liquide et, dans ce cas, peut imprégner un buvard. Le couple électrolytique détermine la fém : le couple zinc-charbon est une pile de 1,5 V ; le couple cadmium-nickel est un accumulateur générant 1,2 V ; un accumulateur au plomb générant 2 V est constitué d'une électrode négative en plomb pur (Pb) et d'une électrode positive en dioxyde de plomb (PbO₂) baignant dans de l'acide sulfurique (H₂SO₄). Lorsque l'acide est transformé en eau, l'élément est déchargé et les électrodes sont transformées en sulfate de plomb (PbSO₄).

La tension nécessaire au rechargement des accumulateurs s'appelle la **force contre-électromotrice** (fcém). La fcém est toujours plus grande que la fém car les accumulateurs ont besoin d'une tension, variable selon le couple électrolytique, pour inverser la réaction chimique.

La **résistance interne** (notée Ri), en ohm, de la pile est due à la résistance de la réaction chimique. Cette résistance, qui est représentée schématiquement en série avec l'élément de la pile, est quasiment nulle pour les accumulateurs mais non négligeable pour les piles (et en particulier les piles usagées). Lorsque la borne positive de la pile ou de l'accumulateur est reliée directement à la borne négative, le **courant de court-circuit** est égal à : $I_{cc} \text{ (A)} = E \text{ (V)} / R_i \text{ (}\Omega\text{)}$. La valeur de ce courant est très grande dans le cas d'un accumulateur car celui-ci a une résistance interne très faible, ce qui peut détruire l'accumulateur à cause de sa surchauffe.



$$R_i = (E - U) / I = (E / I) - R$$

$$E = (R + R_i) \cdot I$$

$$Q \text{ (en Ah)} = I \cdot t \text{ (en heures)}$$

$$Q \text{ (en C)} = I \cdot t \text{ (en secondes)}$$

La **quantité d'électricité emmagasinée** dans une pile (appelée aussi **capacité**) est exprimée en coulomb (C) avec la relation $Q(C) = I(A) \cdot t(s)$ ou en ampère-heure (Ah) avec la relation : **1 Ah = 3600 C** ou $1 C = 1 Ah / 3600$

Association des piles en série et en parallèle : il vaut mieux associer des piles ou des accumulateurs de même nature et de même valeur : on change un jeu de piles complet, les accumulateurs d'un groupement sont rechargés ensemble. Lorsqu'ils sont montés en série, les piles et les accumulateurs voient leurs Fém et leurs résistances internes s'additionner. Montés en parallèle, les piles et accumulateurs voient leurs résistances internes globales diminuer comme dans un groupement de résistances en parallèle alors que la Fém est constante. Toutefois, le montage d'éléments en parallèle est complexe : il faut s'en tenir au cas d'éléments de caractéristiques identiques (Fém, capacités et résistances internes).

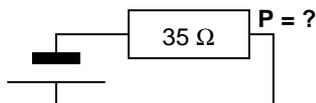
Exemple 1 : aux bornes d'une pile dont la Fém est de 9 volts, on branche une résistance de 200 ohms. Un courant de 40 mA est constaté dans cette résistance. Quelle est la résistance interne de la pile ?

Réponse : en utilisant simplement la loi d'Ohm et la loi des nœuds et des mailles : $U_R = R \cdot I_R = 200 \Omega \times 0,04 A = 8 V$; $U_{R_i} = E - U_R = 9 V - 8 V = 1 V$; $R_i = U_{R_i} / I = 1 V / 0,04 A = 25 \Omega$

Autre méthode : en utilisant les formules : $R_i = (E / I) - R = (9 V / 0,04 A) - 200 \Omega = 225 - 200 = 25 \Omega$

Exemple 2 :

$E = 4,5 V$
 $r_i = 10 \Omega$



Réponse :

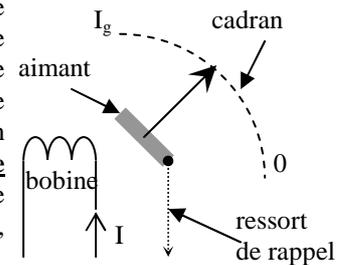
calcul de I_R : $I = U / R = E / (R + r_i) = 4,5 / (35 + 10) = 0,1 A$

calcul de P_R : $P = R \cdot I^2 = 35 \times 0,1^2 = 35 \times 0,01 = 0,35 W = 350 mW$

Exemple 3 : Un accumulateur dont la force électromotrice est de 12 volts et dont la résistance interne est négligeable se décharge en 3 heures lorsqu'il est branché sur une résistance de 10 ohms. Quelle est la capacité de l'accumulateur (en coulombs et en ampère-heure) ?

Réponse : $I_R = U_R / R = E / R = 12 V / 10 \Omega = 1,2 A$; $Q (C) = I (A) \cdot t (s) = 1,2 \times 3 \times 3600 = 12 960 C$ soit 3,6 Ah

3.4) Les galvanomètres à cadres mobiles sont des appareils de mesure d'intensité. Un galvanomètre est composé d'une bobine et d'un cadre mobile pouvant effectuer une rotation de 90°, surmonté d'une aiguille et contenant un aimant. En position initiale (notée 0 sur le cadran du schéma), le champ de l'aimant est perpendiculaire à l'axe de la bobine car un ressort, souvent en forme de spirale, ramène l'aimant vers cette position initiale. Le champ magnétique généré par le courant traversant la bobine force l'aimant à se tourner dans l'axe de la bobine. L'aiguille fixée sur le cadre indique la déviation lue sur un cadran gradué. Le galvanomètre a une **résistance interne** propre (R_i) et une **intensité de déviation maximum** (I_g) à ne pas dépasser. Un galvanomètre ne peut lire que de faibles intensités (intensité de déviation maximale, de l'ordre du milliampère, voire moins) ou de faibles tensions ($R_i \times I_g$, soit quelques μV).

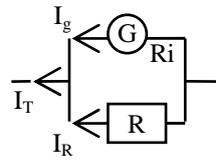


Des montages spécifiques permettent de lire des tensions supérieures en utilisant une résistance montée en série avec le galvanomètre ou des intensités plus élevées en utilisant un shunt (résistance en dérivation). Le galvanomètre est alors monté en voltmètre ou en ampèremètre. Le galvanomètre ne peut indiquer que des valeurs moyennes (voir § 2.2). Pour indiquer des valeurs efficaces ou maximum, une diode sera montée en série (voir § 5.3) et une échelle de lecture adaptée sera utilisée.

Voltmètre

$$\begin{aligned}
 U_T &= U_R + U_g \\
 U_g &= R_i \cdot I_g \\
 U_R &= R \cdot I_g \\
 R &= (U_T / I_g) - R_i \\
 &= (U_T / I_g) - (U_g / I_g) \\
 &= (U_T - U_g) / I_g \\
 &= (U_T - U_g) \times (R_i / U_g)
 \end{aligned}$$

I_g doit être le plus faible possible



Ampèremètre

$$\begin{aligned}
 I_T &= I_g + I_R \\
 I_g &= U_g / R_i \\
 I_R &= U_g / R \\
 R &= U_g / (I_T - I_g) \\
 &= (R_i \cdot I_g) / (I_T - I_g) \\
 &= R_i / ((I_T / I_g) - 1)
 \end{aligned}$$

R_i doit être la plus faible possible

Exemple : nous possédons un galvanomètre dont les caractéristiques sont les suivantes : intensité de déviation maximum = 20 μA et résistance interne = 10 Ω . Comment réaliser un voltmètre dont le calibre est de 10 volts et un ampèremètre dont le calibre est 1 ampère ?

Réponses :

Dans un voltmètre, la résistance est en série ; $U_g = I_g \cdot R_i = 0,00002 \times 10 = 0,0002 V$; $U_R = U_T - U_g = 10 - 0,0002 = 9,9998 V$; $R = U_R / I_g = 9,9998 / 0,00002 = 499990 \Omega \approx 500 k\Omega$

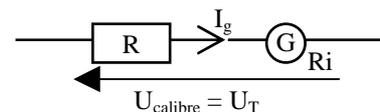
Autre méthode : $R = (U_T / I_g) - R_i = (10 / 0,00002) - 10 = 500000 - 10 = 499990 \Omega$

Dans un ampèremètre, la résistance est en parallèle ; $I_R = I_T - I_g = 1A - 0,00002 A = 0,99998 A$; $R = U / I = U_g / I_R = 0,0002 V / 0,99998 A = 0,0002 \Omega$

Autre méthode : $R = U_g / I_R = (R_i \cdot I_g) / (I_T - I_g) = (10 \times 0,00002) / (1 - 0,00002) = 0,0002 / 9,9999 = 0,0002 \Omega$

On voit, à travers ces exemples, l'utilité de connaître la loi d'Ohm et de comprendre le fonctionnement des groupements de résistances. Les formules citées plus haut et leurs variantes sont directement issues des lois d'Ohm et de Kirchhoff (loi des nœuds et des mailles).

3.5) Qualité des voltmètres (Ω/V) : le fait de brancher en dérivation un voltmètre sur un circuit ne doit pas perturber le fonctionnement de ce dernier. Le rapport obtenu en divisant la résistance totale du voltmètre par le calibre en volts donne le facteur de qualité du voltmètre (Q). Ce rapport est directement fonction de la sensibilité du galvanomètre. Un voltmètre possède toujours le même rapport Ω/V quel que soit le calibre utilisé.



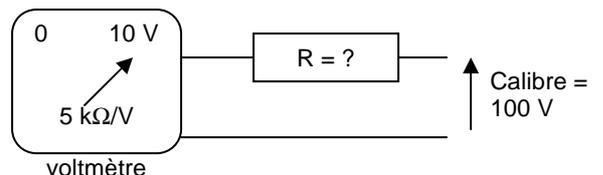
$$\begin{aligned}
 Q &= (R + R_i) / U_T = \Omega / V \\
 Q &= 1 / I_g
 \end{aligned}$$

Exemple 1 : quelle est la qualité du voltmètre de l'exemple du §3.4 (ci-dessus) ?

Réponse : $Q = (R + R_i) / U_T = (499990 + 10) / 10 = 50000 = 50 k\Omega/V$ ou $Q = 1/I_g = 1/0,00002 = 50000 = 50 k\Omega/V$

Exemple 2 : Quelle est la valeur de la résistance R à mettre en série avec ce voltmètre calibré sur 10 volts pour obtenir un voltmètre calibré sur 100 volts ?

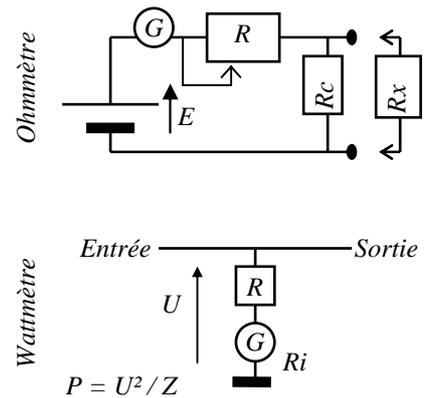
Réponse : la résistance R doit créer une différence de potentiel égale à la tension de calibre diminuée de la tension du voltmètre (100 V - 10 V = 90 V). La résistance du voltmètre est de 5 k Ω/V . La résistance R aura donc pour valeur 90 V x 5 k Ω/V = 450 k Ω



Autre méthode : $Q = 1/I_g$ donc $I_g = 1 / Q = 1 / 5000 = 0,0002 A$; $R = U / I = 90 V / 0,0002 A = 450000 \Omega = 450 k\Omega$

Un bon voltmètre aura un Q au moins égal à 20.000 Ω/V , soit une intensité de déviation maximum I_g de 50 μA (= 1 / 20.000). Pour les ampèremètres, le paramètre important est la résistance interne du galvanomètre. Plus celle-ci sera faible, meilleur sera l'appareil. Un bon appareil de mesure multimètre aura donc une tension de déviation maximum la plus faible possible (faible résistance interne et faible intensité de déviation maximum)

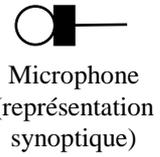
3.6) Ohmmètre et wattmètre : un ohmmètre est composé d'un ampèremètre avec lequel on détermine le courant traversant la résistance à mesurer (R_x). Cet instrument nécessite donc une pile. R_c est la résistance de calibre. La résistance R est variable pour tarer l'ohmmètre à 0Ω . Un wattmètre est composé d'un voltmètre qui indique la puissance sous une impédance donnée (on a $Z_e = Z_s = Z_{calibre}$ et d'autre part $R + R_i \gg Z_{calibre}$). Pour ces deux instruments de mesure, le cadran est gradué pour une lecture directe de la résistance ou de la puissance. Alors que l'échelle de lecture d'un voltmètre ou d'un ampèremètre est relativement linéaire, pour un wattmètre, le milieu de la course du galvanomètre représentera un quart de la puissance de calibre (car $P = U^2 / R$). Pour un ohmmètre, sachant que $I = U / R$, la graduation est inversée : 0Ω est du côté où I est maximum car, pour une valeur de résistance nulle, le courant est maximum. De l'autre côté du cadran, les valeurs allant jusqu'à l'infini seront très serrées.



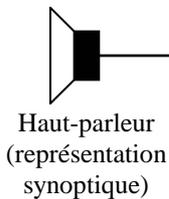
3.7) Les basses fréquences (BF) occupent un spectre allant de 0 Hz à 20.000 Hz. Les fréquences acoustiques (audibles pour l'oreille humaine) vont de 100 Hz à 15.000 Hz. Toutefois, un spectre allant de 300 Hz à 3000 Hz est largement suffisant pour la compréhension d'un message en téléphonie.

Le microphone est constitué d'une membrane qui recueille les vibrations de l'air et les transforme en variation de grandeurs électriques. Les principaux types de microphones, par ordre décroissant d'impédance, sont :

- le microphone électret (impédance très élevée, de l'ordre du $M\Omega$) utilisant le phénomène piézoélectrique de certains polymères en comprimant plus ou moins le matériau (voir § 7.5) ;
- le microphone céramique utilisant l'effet électrostatique du condensateur (voir § 2.3) en faisant varier l'épaisseur du diélectrique et nécessitant une alimentation (souvent par pile) ;
- le microphone à charbon (ou microphone résistif) dont la membrane comprime plus ou moins des grains de charbon placés dans une capsule, ce qui fait varier leur résistance ;
- le microphone dynamique (le plus répandu car très robuste, impédance d'environ $1 k\Omega$) dont la membrane entraîne une bobine mobile située dans le champ magnétique d'un aimant afin de produire une tension ;
- le microphone à ruban (basse impédance, très sensible surtout aux fréquences basses) dont la membrane est une fine bande de métal à l'intérieur du champ magnétique d'un aimant et qui produit un courant variable.



Le haut-parleur (HP) reproduit les vibrations d'air au rythme du courant délivré par l'amplificateur AF. Les différents types de HP, par ordre décroissant d'utilisation dans les stations radioamateur, sont :

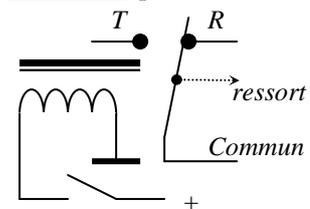


- le HP électrodynamique (de loin, le plus répandu) : sa membrane rigide et légère est mise en mouvement par le courant de la bobine plongée dans un champ magnétique intense ;
- le HP électrostatique dont le principe consiste à moduler des champs électrostatiques entre deux électrodes entre lesquelles est placée une fine membrane. Les électrodes sont perforées de façon que le son produit par les vibrations de la membrane puisse sortir du HP (système très directif et peu puissant, utilisé parfois dans les casques) ;
- le HP piézoélectrique utilisant les propriétés de certains polymères (voir § 7.5) et utilisé dans les oreillettes ;
- le HP à ruban fonctionnant de la même manière que le microphone à ruban (utilisé dans les tweeters en hi-fi).
- le HP ionique (ou à plasma) utilisant une bulle d'air ionisée et chauffée par un courant HF (très cher) ;

Les microphones et les haut-parleurs possèdent leurs caractéristiques propres d'impédance, de directivité, de rendu des sons (et de sensibilité pour les microphones).

Un relais électromécanique est un commutateur à commande électrique. Un relais électromécanique est composé d'un électro-aimant (barreau de fer doux entouré d'une bobine) et d'un mécanisme qui actionne une (ou plusieurs) lame qui se colle à des contacts, assurant ainsi la commutation.

En l'absence de tension aux bornes de la bobine de l'électro-aimant, le ressort du mécanisme pousse la (ou les) lame vers le (ou les) contact « Repos » : le contact est établi entre le commun et la borne repos (R) du relais. Lorsque la tension aux bornes de la bobine est suffisante, l'électro-aimant attire le mécanisme et celui-ci fait basculer la (ou les) lame vers le (ou les) contact « Travail » : le relais est dit « collé » lorsque le contact est établi entre le commun et la borne travail (T).



Lors de l'interruption de l'alimentation de la bobine (relâchement : passage de l'état travail à l'état repos), celle-ci génère une tension inverse (loi de Lenz, voir § 2.5), provoquant des instabilités dans le circuit d'alimentation. Pour éviter ce problème, une diode est montée à l'envers (sens non passant, voir § 5.1) en parallèle sur la bobine qui court-circuite la tension issue du relâchement de l'électro-aimant. Par commodité de lecture des schémas, la représentation de l'électro-aimant peut être éloignée de celle des contacts.

4) DÉCIBEL, CIRCUITS R-C et L-C, LOI de THOMSON

4.1) Le décibel (noté dB) est une unité permettant d'exprimer un **rapport** entre deux unités de même nature. Dans le domaine de la radioélectricité, cette unité est souvent la puissance (le watt) mais d'autres unités peuvent être utilisées. A notre opinion, bien que ce ne soit pas clairement précisé dans les textes, seuls les décibels exprimant un rapport de puissance sont au programme de l'examen de classe 2.

Gain (dB) = 10 log (P_s / P_e) ou **P_s = 10^(dB/10) x P_e** avec P_s : puissance de sortie et P_e : puissance d'entrée

Table de conversion : le nombre des dizaines de dB correspond à l'exposant de la puissance de 10 du rapport de puissance (c'est-à-dire au nombre de 0 du rapport arithmétique). **Seules les unités de dB indiquées en gras sont à connaître (0, 3, 6 et 9)** correspondant à un rapport arithmétique de 1, 2, 4 et 8).

Dizaine de dB	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rapport arithmétique	1 x	10 x	10 ² x	10 ³ x	10 ⁴ x	10 ⁵ x	10 ⁶ x	10 ⁷ x	10 ⁸ x	10 ⁹ x
Unité de dB	<u>0</u>	1	2	<u>3</u>	4	5	<u>6</u>	7	8	<u>9</u>
Rapport arithmétique	<u>1</u>	1,25	1,58	<u>2</u>	2,5	3,16	<u>4</u>	5	6,31	<u>8</u>

Soit un rapport arithmétique de 400 à **convertir en décibels** (exemple 2 ci-dessous) : on pose 400 = 10² x 4. Dans le tableau ci-dessus, le nombre des dizaines de dB (1^{ère} ligne) est 2 (et correspond à la puissance de 10) et le nombre d'unités de dB (2^{ème} ligne) est 6 (6 correspond à un rapport de 4), d'où un nombre de dB de 26. Inversement, soit un gain de 26 dB à **convertir en rapport arithmétique** : les lignes du tableau sont lues dans l'autre sens : le nombre des dizaines de dB est l'exposant de 10 (dans notre exemple, 2 correspond à 10², soit 100) et le rapport correspondant à 6 unités de dB est 4, d'où un rapport arithmétique de : 100 x 4 = 400

Exemples :

Rapport arithmétique ⇒ dB :

- 1) Rapport = 8 ⇒ 9 dB
- 2) Rapport = 400 = 100 x 4 = 10² x 4 ⇒ 26 dB

dB ⇒ Rapport arithmétique :

- 3) 16 dB ⇒ 10¹ x 4 = 10 x 4 = 40
- 4) 20 dB ⇒ 10² x 1 = 100 x 1 = 100
- 5) 33 dB ⇒ 10³ x 2 = 1000 x 2 = 2000

Table de conversion simplifiée :

unités de dB :	0	3	6	9
Rapport arithmétique :	1	2	4	8
Dizaine de dB = nombre de 0 du rapport				

Exemples convertis avec la table simplifiée :

dB	9	2 6	1 6	2 0	3 3
Ex n°	1 ↑	2 ↘	3 ↘	4 ↘	5 ↘
Rapport	8	4 00	4 0	1 00	2 000

Sur une calculatrice :

Pour passer du rapport arithmétique au décibel : 2000 (Rapport) [LOG] = 3,30103 x 10 = 33,0103 arrondi à 33 ou, en écriture naturelle : 10 x [LOG] 2000 (Rapport) = 33,0103 arrondi à 33

Pour passer des décibels au rapport arithmétique : 33 (dB) ÷ 10 = 3,3 [10^x] = 1995,26 arrondi à 2000

Attention, ne pas utiliser la fonction « .10^x » (ou E^x), utilisée pour saisir des multiples, mais utiliser la fonction « 10 puissance x », généralement proche, sur les calculatrices, de la fonction « LOG ».

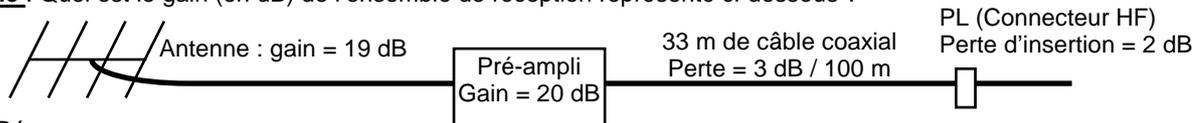
ou, en écriture naturelle : 10 [^] (33 (dB) ÷ 10) = 1995,26 arrondi à 2000

Dans l'exemple ci-dessus, nous avons arrondi à 2000 et non pas à 1995 car les valeurs indiquées dans la table sont arrondies. Il faudra toujours **arrondir le résultat de la calculatrice**, plus précis, car ce sont les valeurs arrondies (celles de la table de conversion simplifiée) qu'il faut connaître pour l'examen.

Un **nombre de dB négatif** inverse le rapport arithmétique et indique une atténuation et non un gain (exemple : - 16 dB = 1 / (10 x 4) = 1 / 40 = 0,025). Les décibels se calculent avec des logarithmes et possèdent donc leurs caractéristiques : ils transforment les gains successifs (multiplication) en addition, les pertes (division) en soustraction, les puissances et les racines (affaiblissement linéique) en multiplication et en division.

La perte d'un câble est appelée **l'affaiblissement linéique** car elle est fonction de la longueur du câble. Cette perte est exprimée en dB/m (voir § 10.1).

Exemple : Quel est le gain (en dB) de l'ensemble de réception représenté ci-dessous ?



Réponse :

Perte du câble coaxial au mètre : 3 dB / 100 = 0,03 dB donc perte du câble coaxial : 0,03 dB/m x 33 m = 1 dB
Gain de l'ensemble : 19 dB + 20 dB - 1 dB - 2 dB = 36 dB (soit un rapport arithmétique de 4000)

Calcul de la perte du câble à partir du rapport arithmétique : perte arithmétique pour 100 mètres = 0,5 donc pour 1/3 de longueur de câble, perte arithmétique = $\sqrt[3]{0,5}$ « racine cubique de 0,5 » ≈ 0,8 soit 20% pour 33 mètres.

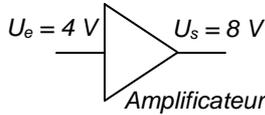
Par tâtonnements, on trouve que 0,8³ = 0,8 x 0,8 x 0,8 ≈ 0,5 ; donc $\sqrt[3]{0,5}$ ≈ 0,8. La racine cubique (notée $\sqrt[3]{}$) est utilisée car la longueur du coaxial (33 m) est de 1/3 de la longueur de référence (100 m). Si le câble utilisé était long de 200 m, la perte arithmétique serait de 0,5² = 0,25 (= 1/4 = -6 dB, soit 0,03 dB x 200). La simplification en calculant avec les décibels est évidente dans cet exemple. Les calculs seraient difficilement réalisables si le rapport des longueurs n'étaient pas des rapports simples (1/3 et x2 dans nos exemples).

Autres conversions : antenne : 19 dB correspond à un rapport de 80 ; pré-amplificateur : 20 dB correspond à un rapport de 100 ; connecteur HF : -2 dB correspond à un rapport de 1 / 1,58 soit 0,63.

Calcul du rapport arithmétique de l'ensemble : $80 \times 100 \times 0,8 \times 0,63 = 4032 \approx 4000$ (écart dû aux arrondis)

Lorsque les valeurs du rapport sont exprimées en tension, les formules deviennent : **Gain (dB) = $20 \log (U_s / U_e)$** ou $U_s = 10^{(dB/20)} \times U_e$. Le rapport des puissances est le carré du rapport des tensions (car $P = U^2 / R$). Le gain (en dB) est le double de celui calculé lorsque les valeurs sont exprimées en watts : un rapport de tension de 2 correspond à 6 dB (= 3 dB x 2 ; 3 dB correspond à un rapport de puissance de 2).

Exemple : Quel est le gain (en dB) de l'amplificateur représenté ci-dessous ?

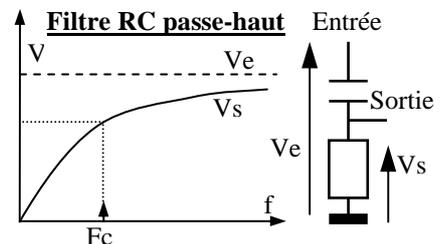
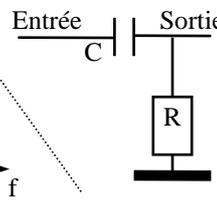
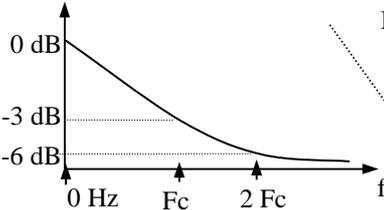
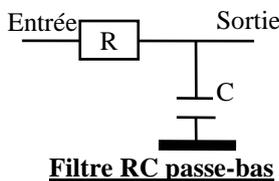


Réponse : Le rapport des tensions est $U_s / U_e = 16 / 8 = 2$. Le rapport des puissances est donc $2^2 = 4$. Le rapport de puissance de 4 correspond à un gain de 6 dB (= 3 dB x 2)
Autre méthode : Gain = $20 \log (U_s / U_e) = 20 \log (8 / 4) = 20 \log (2) = 20 \times 0,3 = 6$
Attention : ceci n'est valable que si les impédances d'entrée et de sortie sont identiques.

4.2) Un circuit RC

est un filtre composé d'une résistance et d'un condensateur. Selon la place des composants, ce filtre laissera passer soit les fréquences supérieures à la fréquence de coupure (filtre passe-haut), soit les fréquences inférieures (filtre passe-bas). Les filtres RC sont essentiellement dédiés aux basses fréquences. A la **fréquence de coupure**, l'impédance du condensateur est égale à la résistance, d'où :

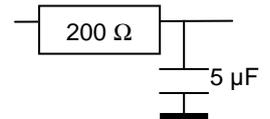
$$R = \frac{1}{\omega C} \Leftrightarrow R = \frac{1}{2\pi f C} \Leftrightarrow F(\text{Hz}) = \frac{1}{2\pi R(\Omega)C(\text{F})}; \text{ formule simplifiée : } F(\text{Hz}) = 159 / R(\text{k}\Omega) / C(\mu\text{F})$$



Exemple : Quelle est la fréquence de coupure du filtre RC représenté ci-contre ?

Réponse : formule simplifiée : $F(\text{en Hz}) = 159 \div 0,2 (R \text{ en } \text{k}\Omega) \div 5 (C \text{ en } \mu\text{F}) = 159 \text{ Hz}$

Sur une calculatrice : $200(R) \times 5 \cdot 10^{-6}(C) = 1 \cdot 10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 6,2832 \cdot 10^{-3} [1/x] = 159,15 \cdot 10^0 = 159 \text{ Hz}$
en écriture naturelle : $F = 1 \div (2 \times [\pi] \times 200(R) \times 5 \cdot 10^{-6}(C)) = 159,15 \cdot 10^0 = 159 \text{ Hz}$



Mnémotechnique : Dans un schéma de filtre passe-bas, le condensateur est en bas. Le condensateur est en haut dans le schéma d'un filtre passe-haut. Attention : pour que l'expression mnémotechnique fonctionne, il faut que, dans le schéma, la masse (représentée sur le schéma par le trait gras) soit en bas.

L'**octave supérieure** est l'harmonique 2 d'une fréquence (2 fois la fréquence). La 2^{ème} octave est l'harmonique 4 (4 fois la fréquence). La 3^{ème} octave est l'harmonique 8 (= 2³ et non pas l'harmonique 3 qui n'est pas une octave). Au passage, signalons qu'harmonique est un nom masculin. La **décade supérieure** est l'harmonique 10 d'une fréquence. La 2^{ème} décade supérieure est la fréquence multiplié par 100 (= 10²). L'octave inférieure qui n'est pas un harmonique est la fréquence de référence divisée par 2 (et par 10 pour la décade inférieure).

Exemple : Soit une fréquence de 150 kHz. Calculez sa 5^{ème} octave supérieure et sa 3^{ème} décade inférieure.

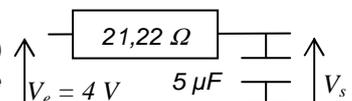
Réponse : 5^{ème} octave supérieure = fréquence x 2⁵ = F x 32 = 150 kHz x 32 = 4800 kHz = 4,8 MHz
3^{ème} décade inférieure = fréquence / 10³ = F / 1000 = 150 kHz / 1000 = 150 Hz

L'**atténuation** de ces deux filtres est de **3 dB à la fréquence de coupure** (la puissance du signal à la sortie de ce filtre est divisée par 2) et de **6 dB par octave à partir de la fréquence de coupure** (par octave supérieure pour un filtre passe bas et par octave inférieure pour un filtre passe haut).

Le phénomène d'atténuation s'explique ainsi : la tension de sortie du filtre est fonction du rapport entre l'impédance du condensateur et l'impédance du circuit série résistance + condensateur (voir § 1.7, répartition des tensions dans un groupement série et § 2.5, condensateur non parfait). A la fréquence de coupure, par définition, l'impédance du condensateur est égale à la résistance. A la sortie du circuit, la tension est divisée par 1,414 car le circuit série R+C a une impédance 1,414 fois supérieure à R (effet du déphasage de 90°). La puissance est donc divisée par 2, soit une atténuation de 3 dB. Dans un filtre passe-haut, lorsque la fréquence du signal augmente, l'impédance du condensateur diminue alors que la résistance est constante : la tension aux bornes de la résistance (celle de sortie du filtre) augmente et l'atténuation est moindre. Inversement, l'atténuation augmente quand la fréquence diminue et l'atténuation d'un filtre passe-bas augmente quand la fréquence s'élève. Le même phénomène se produit avec les circuits LC passe-haut et passe-bas (voir § 4.3).

Exemple : Quelle est la tension V_s lorsque la fréquence de V_e est de 6 kHz ?

Réponse : la fréquence de coupure du filtre est : $F(\text{Hz}) = 159 / 0,02122(\text{k}\Omega) / 5(\mu\text{F})$
= 1500 Hz. 6 kHz est la deuxième octave supérieure de la fréquence de coupure. L'atténuation de ce filtre à cette fréquence est donc de 12 dB. Le rapport de tension correspondant à -12 dB est 1/4 (voir gain en tension au § 4.1). Donc : $V_s = V_e / 4 = 1 \text{ V}$. Plus précisément, $Z_C = 1/(2\pi f C) = 5,3052 \Omega$; $Z_{RC} = \sqrt{21,22^2 + 5,3052^2} = 21,873 \Omega$; $V_s = V_e \times (Z_C / Z_{RC}) = 0,9702 \text{ V}$ soit une atténuation de 12,30 dB au lieu des 12 dB prévus initialement (voir la courbe réelle au § suivant).



Les circuits RL fonctionnent de la même manière que les circuits RC. Un circuit RL passe bas aura la bobine en haut du circuit et inversement pour un filtre RL passe haut. Leur fréquence de coupure est : $F = R / (2\pi L)$.

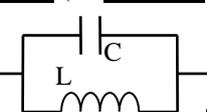
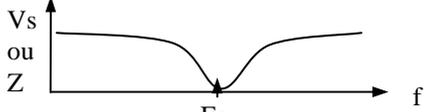
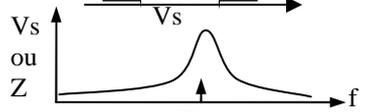
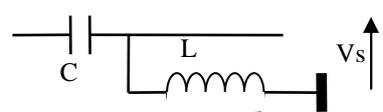
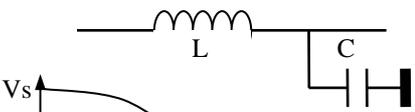
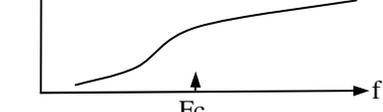
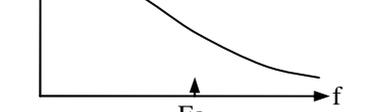
4.3) Les circuits LC sont des filtres composés de bobines et de condensateurs. Ces filtres, s'ils sont montés comme les filtres RC (la bobine remplaçant la résistance), ont un effet de coupure. Seuls les circuits LC ont un effet de résonance à une fréquence lorsqu'ils sont montés en série ou en parallèle. Les filtres LC sont utilisés dans le domaine de la Haute Fréquence (HF). A la résonance comme à la coupure, on a $Z_C = Z_L$ (**loi de Thomson**), d'où : $\omega L = 1 / (\omega C) \Leftrightarrow L \cdot C \cdot \omega^2 = 1 \Leftrightarrow \omega^2 = 1 / (L \cdot C) \Leftrightarrow \omega = 1 / (\sqrt{L \cdot C}) \Leftrightarrow 2 \cdot \pi \cdot F = 1 / (\sqrt{L \cdot C})$, donc :

$$F_c = F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{6,28\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{formule simplifiée : } F(\text{MHz}) = \frac{159}{\sqrt{[L(\mu\text{H}) \cdot C(\text{pF})]}}$$

Le tableau ci-après récapitule les quatre montages de base des filtres LC. Comme pour les filtres RC, l'expression mnémotechnique citée plus haut sera employée pour reconnaître les filtres passe-haut ou passe-bas (« dans un filtre passe-haut, le condensateur est en haut et dans un filtre passe-bas, le condensateur est en bas »).

Les graphiques expriment les valeurs de tensions ou d'impédances constatées en fonction de la fréquence aux bornes du circuit pour un filtre série ou parallèle et les tensions de sortie pour les passe-haut et les passe-bas. L'atténuation des filtres peut aussi se représenter en décibels : voir à la fin du paragraphe pour un exemple.

Tableau comparatif des 4 montages de base des circuits LC

Schéma	Filtre Série (Passe bande) 	Filtre Parallèle (ou Bouchon ou coupe bande) 
Impédance	$Z = 0$ pour F_o	$Z = \infty$ pour F_o
Réponse en Fréquence		
Résonance	F_o	F_o
Schéma	Filtre Passe Haut 	Filtre Passe Bas 
Réponse en Fréquence		
Coupure	F_c	F_c

Exemple : Quelle est la fréquence de résonance d'un circuit bouchon avec $L = 32 \mu\text{H}$ et $C = 200 \text{ pF}$?

Réponse : $F(\text{MHz}) = 159 / \sqrt{[L(\mu\text{H}) \cdot C(\text{pF})]} = 159 / \sqrt{[32 \times 200]} = 159 / \sqrt{6400} = 159 / 80 = 1,9875 \approx 2 \text{ MHz}$

Sur une **calculatrice** : $L \times C = 32 \cdot 10^{-6}(L) \times 200 \cdot 10^{-12}(C) = 6,4 \cdot 10^{-15} [\text{N}] = 80 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 502,655 \cdot 10^{-9} [1/x]$
 $= 1,98944 \cdot 10^6$ converti en 1,989 MHz arrondi à 2 MHz

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times \sqrt{[32 \cdot 10^{-6}(L) \times 200 \cdot 10^{-12}(C)]}) = 1,98944 \cdot 10^6$ arrondi à 2 MHz

formule simplifiée : $F(\text{en MHz}) = 159 / \sqrt{[L \times C]} = 159 \div \sqrt{[32 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 200 (C \text{ en } \text{pF})]} = 1,9875 \approx 2 \text{ MHz}$

Le filtre bouchon est un filtre utilisé pour bloquer les signaux HF d'une fréquence désirée. Lorsque le condensateur est rempli, il cherche à se vider et le courant qui en sort parcourt la bobine qui génère un champ magnétique. Lorsque les armatures du condensateur sont au même potentiel, le champ magnétique de la bobine est maximum et va générer un courant qui remplit le condensateur d'une tension inverse à celle du départ. Lorsque la bobine a restitué toute son énergie, son champ magnétique est nul et le condensateur est à nouveau rempli mais en sens inverse du départ. Et le condensateur cherche à nouveau à se vider. Si ce phénomène se produit en phase avec le signal aux bornes du circuit, il y a résonance et l'impédance très élevée du circuit empêche le courant HF de traverser ce filtre.

Dans **le filtre série**, le même phénomène se produit. Mais, dans ce cas, si le signal aux bornes du circuit est en phase avec le courant parcourant la bobine et le condensateur, le signal traversera le filtre.

La fréquence que donne la loi de Thomson est appelée **fréquence de résonance** dans le cas des circuits bouchon ou série et **fréquence de coupure** dans le cas des circuits passe bas et passe haut. **Pour baisser la fréquence de résonance** (ou de coupure) d'un circuit LC, il faut soit augmenter la valeur du condensateur, soit augmenter la valeur du bobinage (en particulier en introduisant un noyau magnétique à l'intérieur de l'enroulement). Inversement, **pour augmenter la fréquence**, il faut réduire la valeur du condensateur et/ou du bobinage. Pour doubler la fréquence de résonance, la valeur du condensateur ou du bobinage sera divisée par 4 (effet de la

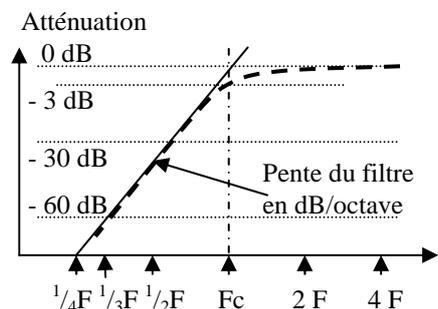
racine carrée). Inversement, la valeur du bobinage ou du condensateur sera multipliée par 9 pour diviser par 3 la fréquence de résonance du circuit.

L'atténuation d'un circuit passe bas ou passe haut est de **3 dB à la fréquence de coupure** et, à partir de cette fréquence, l'atténuation est, pour les octaves supérieures dans le cas des filtres passe bas (et pour les octaves inférieures dans le cas des filtres passe haut), **de 6 dB par éléments actifs et par octave** ou **20 dB par décade et par éléments actifs**. Les bobines et les condensateurs sont des éléments actifs. Dans un filtre RC, seul le condensateur est un élément actif. Un circuit passe bas LC constitué d'une seule cellule (donc deux éléments actifs) aura, à partir de la fréquence de coupure une atténuation de 12 dB (2 x 6) par octave ou encore de 40 dB (2 x 20) par décade. Ce filtre est appelé filtre du deuxième ordre car c'est le carré de la fréquence qui intervient dans sa fonction de transfert (rapport entre grandeur d'entrée et grandeur de sortie).

Un filtre passe bas composé de deux cellules LC identiques (2 circuits comportant chacun une bobine et un condensateur, soit 4 éléments) aura, à la troisième octave supérieure (harmonique 8), une atténuation 72 dB (6 dB x 4 éléments x 3 octaves) et, à la décade supérieure, une atténuation de 80 dB (20 dB x 4 éléments).

Attention : une cellule peut comporter plusieurs éléments de même nature (condensateurs ou bobines) montés en série ou en parallèle pour former une association fonctionnant comme un seul élément (condensateur ou bobine équivalent). Le nombre d'éléments d'un circuit ne détermine donc pas forcément les propriétés du circuit (voir cas du circuit en pi au § 4.5).

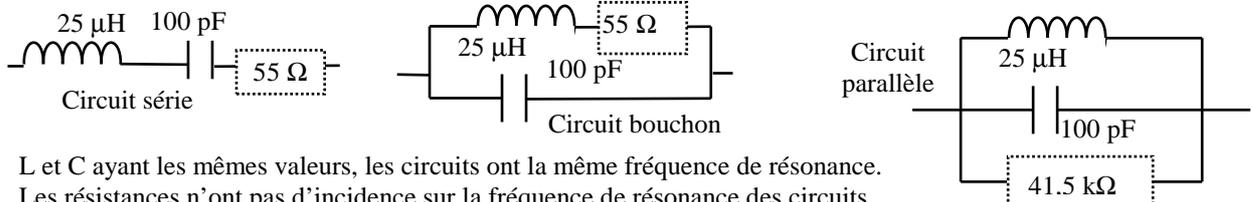
Les courbes de réponse des filtres sont souvent représentées par des graphiques dont les échelles sont logarithmiques : l'échelle des abscisses (axe horizontal) donne les fréquences : chaque doublement de la fréquence prend la même place. L'atténuation du filtre (en dB) est donnée sur l'échelle des ordonnées (axe vertical). La particularité d'un tel graphique est que le point d'origine (où se rencontrent l'abscisse et l'ordonnée) n'a sur aucun des axes pour valeur 0. La courbe de réponse des filtres sur de tels graphiques longe une droite brisée à la fréquence de coupure. La courbe est asymptotique : elle se rapproche de plus en plus des droites sans jamais les couper ni même les atteindre.



Dans ce graphique, la pente a son origine à la fréquence de coupure (F_c). La courbe d'atténuation (en trait coupé gras sur le graphique) est asymptotique à cette pente puis, au delà de la fréquence de coupure, la courbe devient asymptotique à l'axe indiquant 0 dB. Le graphique ci-dessus représente un filtre passe haut. Pour un filtre passe bas, la courbe est inversée (la pente est négative) mais les caractéristiques sont les mêmes.

Dans le graphique ci-dessus, pour la fréquence $\frac{1}{2} F$, la courbe d'atténuation (réelle) suit de très près la pente (théorique) du filtre. Ce filtre, dont la pente est d'environ 40 dB/octave, pourrait être un circuit à 7 éléments actifs (6 dB x 7 éléments = 42 dB), composé, par exemple, de 4 condensateurs et 3 bobines. Ce filtre serait donc un filtre du 7^{ème} ordre. Si ce filtre était passe bas, à l'harmonique 3, l'atténuation serait égale à 42 dB x $\sqrt{2}$ = 59,4 dB (proche de -60 dB correspondant dans notre exemple à l'atténuation à $\frac{1}{3} F$, plus proche sur le graphique de $\frac{1}{4} F$ que de $\frac{1}{2} F$ car l'échelle n'est pas linéaire mais logarithmique).

4.4) Les circuits RLC sont des circuits LC non parfaits : le circuit est alors constitué d'un condensateur, d'une bobine et d'une résistance fictive montée soit en série avec la bobine, représentant la résistance du circuit (principalement de la bobine) comme dans le circuit série ou le circuit bouchon. La résistance fictive montée en parallèle représente le défaut d'isolement du condensateur. A cause de cette résistance parasite (représentée en pointillé car ce n'est pas un composant), l'impédance des circuits à la résonance n'est plus nulle ou infinie.



L et C ayant les mêmes valeurs, les circuits ont la même fréquence de résonance. Les résistances n'ont pas d'incidence sur la fréquence de résonance des circuits.

Exemple : calcul de la fréquence de résonance : $F_0 = 159 / \sqrt{LC} = 159 / \sqrt{25 \times 100} = 159 / 50 = 3,18$ MHz

Sur une calculatrice : $25 \cdot 10^{-6} / (L) \times 100 \cdot 10^{-12} / (C) = 2,5 \cdot 10^{-15} [\sqrt{]} = 50 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 314,159 \cdot 10^{-9} [1/x] = 3,183 \cdot 10^6$ soit 3,183 MHz

formule simplifiée : $F_0 = 159 / \sqrt{L \times C} = 159 \div (\sqrt{25 (L \text{ en } \mu H) \times 100 (C \text{ en } pF)}) = 3,18$ MHz

en écriture naturelle : $F_0 = 1 \div (2 \times [\pi] \times \sqrt{25 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C)}) = 3,183 \cdot 10^6$ converti en 3,183 MHz

L'effet de peau fait que la résistance du fil de la bobine est plus importante que sa simple mesure à l'ohmmètre : le courant HF ne circule qu'à la périphérie du fil. L'épaisseur de la « peau » (en m) se calcule avec la formule (voir aussi formule simplifiée au § 1.4) : $\sqrt{[\rho (\Omega n)] / \pi \mu_o \mu_r F (Hz)}$ avec μ_r et ρ propre au fil utilisé : dans la première « peau » passe 63% du courant puis, dans la seconde peau de même épaisseur, passe 63% du courant restant et ainsi de suite. Cette progression est similaire à celle de la charge du condensateur (voir § 2.4).

Impédance du **circuit série** : $Z_{série} = \sqrt{R^2 + [\omega L - 1/\omega C]^2}$, voir § 2.5. A la fréquence de résonance, par définition, on a $Z_L = Z_C$ donc $\omega L = 1 / \omega C$, donc $\omega L - (1 / \omega C) = 0$, donc $Z_{série} = R$ à la résonance

Impédance du **filtre bouchon** : selon la formule des résistances en parallèle : $1/Z = 1/[\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}] + 1/[1/(-\omega C)]$ ou, avec la formule simplifiée des groupements : Produit des impédances / Somme des impédances, d'où :

$$Z_{bouchon} = \frac{\sqrt{((\omega L)^2 + R^2)} \times 1/(\omega C)}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} \quad \omega L \text{ étant grand par rapport à } R, \text{ on a : } Z_{LR} = \sqrt{((\omega L)^2 + R^2)} \approx \omega L$$

à la résonance, on vient de voir que $\sqrt{R^2 + [\omega L - 1/\omega C]^2} = R$, donc : $Z_{bouchon} = (\omega L / \omega C) / R$ donc $Z_{bouchon} = L / (R \cdot C)$ à la résonance ; formule simplifiée : $Z(k\Omega) = L(\mu H) / R(k\Omega) / C(pF)$

Impédance du **circuit parallèle** : L et C forment une impédance infinie à la fréquence de résonance (le circuit donne l'impression d'être coupé) donc $Z_{parallèle} = R$ à la résonance.

Dans les exemples ci-dessus : sans calcul, on trouve que $Z_{série} = R = 55 \Omega$ et que $Z_{parallèle} = R = 41,5 k\Omega$

calcul de l'impédance à la résonance du circuit bouchon : $Z_{bouchon}(\Omega) = L(H) / (R(\Omega) \times C(F))$
 $= 25 \cdot 10^{-6} / (55 \times 100 \cdot 10^{-12}) = 25 \cdot 10^{-6} / 55 \cdot 10^{-10} = (25/55) \cdot 10^4 = 0,454 \cdot 10^3 = 4,54 k\Omega$

ou, avec la formule simplifiée : $Z_{bouchon}(k\Omega) = L(\mu H) / R(k\Omega) / C(pF) = 25 / 0,055 / 100 = 4,54 k\Omega$

Sur une calculatrice : $25 \cdot 10^{-6} / (L) = 2,5 \cdot 10^{-5} \div 100 \cdot 10^{-12} (C) = 250 \cdot 10^3 \div 55 (R) = 4,545 \cdot 10^3$ converti en 4545 Ω

formule simplifiée : $Z_{bouchon} = L / R / C = 25 (L \text{ en } \mu H) \div 0,055 (R \text{ en } k\Omega) \div 100 (C \text{ en } pF) = 4,545 k\Omega = 4545 \Omega$

Le **facteur Q** définit la qualité d'un circuit. Si R est en série avec L ou C, Q est le rapport obtenu en divisant la partie réactive du circuit (Z) par la partie résistive (R). Si R est monté en parallèle, le rapport est inversé. Plus Q est faible, plus l'oscillation du circuit s'amortit vite car l'énergie disponible est dissipée dans R.

Calcul du **facteur Q d'un circuit bouchon** : $Q_{bouchon} = Z_{bouchon} / R$ donc $Q = L / (R \times C)$ donc $Q = \frac{L}{C \times R^2}$

Formule simplifiée : $Q_{bouchon} = L(\mu H) / R(k\Omega) / C(pF) / R(k\Omega)$

Dans l'exemple du circuit bouchon, on aura : $Q_{bouchon} = Z_{bouchon} / R = 4545 / 55 = 83$

ou $Q_{bouchon} = L / (C \times R^2) = 5 \cdot 10^{-6} / (100 \cdot 10^{-12} \times 55^2) = 25 \cdot 10^6 / (100 \times 3025) = 25 000 000 / 302 500 = 83$

Sur une calculatrice : $25 \cdot 10^{-6} / (L) = 25 \cdot 10^{-6} \div 100 \cdot 10^{-12} (C) = 250 \cdot 10^3 \div 55 (R) = 6,25 \cdot 10^3 \div 55 (R) = 83 \cdot 10^0$ converti en 83

formule simplifiée : $Q = L/R/C/R = 25 (L \text{ en } \mu H) \div 0,055 (R \text{ en } k\Omega) \div 100 (C \text{ en } pF) \div 0,055 (R \text{ en } k\Omega) = 83$

La tension aux bornes d'un circuit bouchon à la fréquence de résonance sera fonction de la puissance du signal à l'entrée du circuit et de son impédance à la résonance (d'où l'autre nom du facteur Q pour un circuit bouchon :

coefficient de surtension). Dans notre exemple de circuit bouchon, avec une puissance de 50 pW, correspondant à un signal S9 (soit 50 μV sous 50 Ω , voir § 11.4), la tension aux bornes du circuit bouchon sera de : $U = \sqrt{P \times Z} = \sqrt{50 \cdot 10^{-12} \times 4,54 \cdot 10^3} = \sqrt{227 \cdot 10^{-12+3}} = 4,77 \cdot 10^{-4} = 477 \mu V$ (soit un écart égal à la racine carrée du rapport des impédances : $477 / 50 = 9,54$ et $\sqrt{4545 / 50} = 9,54$).

Dans le circuit parallèle, R étant en parallèle par rapport au circuit bouchon, on a : $Q_{parallèle} = R / Z_L = R / Z_C$ et (voir § 4.6) $Z_L = Z_C = \sqrt{L / C}$ d'où $Q_{parallèle} = R / [\sqrt{L / C}]$

Dans l'exemple du circuit parallèle : $Q_{parallèle} = R / Z_L = R / (2 \times \pi \times F \times L) = 41500 / (6,28 \times 3,18 \cdot 10^6 \times 25 \cdot 10^{-6}) = 41500 / 500 = 83$ ou $Q_{parallèle} = R / [\sqrt{L / C}] = 41500 / [\sqrt{25 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^{-12}}] = 83$. Avec L et C identiques et $R_{parallèle} = R_{bouchon} \times \sqrt{Q^3}$, le circuit parallèle et le circuit bouchon ont le même Q.

Dans un **circuit série**, le facteur Q, appelé **coefficient de surintensité**, est le rapport obtenu en divisant l'impédance réactive de la bobine ou du condensateur par la résistance : $Q_{série} = Z_L / R =$ et (voir § 4.6) : $Z_L = \sqrt{L/C}$ d'où $Q_{série} = [\sqrt{L / C}] / R$ donc : $Q_{série} = \sqrt{L / (C \times R^2)}$. Lorsque R, L et C sont identiques, $Q_{série} = \sqrt{Q_{bouchon}}$, ce qui explique pourquoi le circuit bouchon est préféré lorsqu'on recherche un Q élevé.

Dans l'exemple du circuit série : $Q_{série} = [\sqrt{25 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^{-12}}] / 55 = 500 / 55 = 9,09 = \sqrt{83}$ ($83 = Q_{bouchon}$)

Les valeurs que prennent Z et Q selon le circuit utilisé sont récapitulées dans le tableau ci-contre.

Circuit	Bouchon	Série	Parallèle
Z	$L / (C \times R)$	R	R
Q	$L / (C \times R^2)$	$\sqrt{L / (C \times R^2)}$	$R / [\sqrt{L / C}]$

Le facteur Q d'un circuit détermine sa **bande passante à -3 dB (B)** à la fréquence de résonance : $B = F_0 / Q$. Plus Q est élevé, plus le filtre est étroit et ses flancs sont raides et mieux les fréquences adjacentes seront rejetées.

Dans les exemples ci-dessus : $B_{bouchon} = B_{parallèle} = 3,18 \text{ MHz} / 83 = 38,3 \text{ kHz}$; $B_{série} = 3,18 \text{ MHz} / 9,09 = 350 \text{ kHz}$

On peut vérifier les courbes caractéristiques d'un filtre grâce à un **analyseur de spectre** où la fréquence est en abscisse et la puissance du signal, ou sa tension, en ordonnée. La puissance est souvent indiquée en puissance relative (en dBm : décibel par rapport au milliwatt sous une impédance donnée, généralement 50 Ω). Un contacteur détermine la puissance maximum lue et deux autres contacteurs déterminent la fréquence centrale et la largeur de la plage de fréquence à explorer.

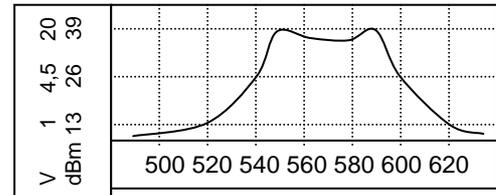
Un **wobulateur** est un générateur de fréquence couplé à un oscilloscope ce qui permet, en branchant le wobulateur à l'entrée de l'étage ou du filtre à mesurer, de lire la courbe de réponse en fréquence de l'amplificateur ou du filtre.

Lorsqu'un filtre est constitué de plusieurs cellules LC résonant sur la même fréquence ou dont les fréquences de résonance sont légèrement décalées (comme ci-dessous, l'atténuation des 2 cellules est en pointillé), la courbe de réponse du filtre n'est plus définie par le facteur Q mais par sa largeur de bande passante et son taux de sélectivité (ou facteur de forme). La **largeur de la bande passante** peut être définie à un autre niveau que -3 dB.

Exemple : Quelle est la largeur de la bande passante à -13 dB du signal visualisé sur l'écran de l'analyseur de spectre ?

Réponse : La puissance crête du signal mesure 39 dBm. La bande passante de ce signal à -13 dB est la largeur du signal dont la puissance est supérieure à 26 dBm (= 39 dBm -13 dB). Les fréquences extrêmes du signal sont 540 et 600. La bande passante à -13 dB du signal est de 60 (= 600 - 540).

Si on n'avait que la graduation en volts, puisque $U_{maxi} = 20$ V, que -13 dB correspond à un rapport de 1/20 et que, d'autre part, on a $U = \sqrt{P.R}$, la tension à -13 dB serait calculée comme suit : $20 \text{ V} / \sqrt{20} = 20 / 4,5 = 4,5 \text{ V}$.



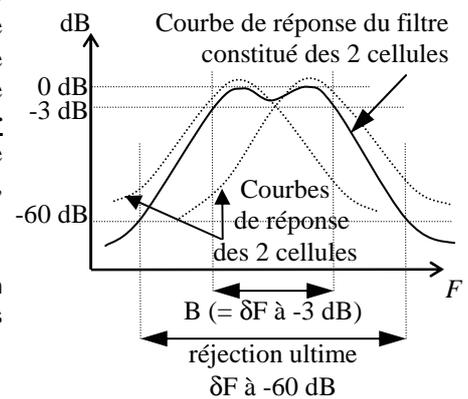
Le **taux de sélectivité** (S) qui est le rapport (en %) obtenu en divisant B (la bande passante à -3 dB) par la bande passante à -60 dB (appelée aussi réjection ultime et notée δF à -60 dB ; δ : lettre grecque minuscule delta signifiant « variations »). En pratique, d'autres niveaux de réjections ultimes peuvent être définis (-40 dB par exemple). Le **facteur de forme** (f) est l'inverse du taux de sélectivité. Plus le taux de sélectivité se rapproche de 100%, plus les flancs du filtre sont raides, plus le facteur de forme se rapproche de 1 sans jamais l'atteindre.

$$S (\%) = [(B \times 100) / \delta F \text{ à } -60 \text{ dB}] \text{ et } f = 100 / S \text{ ou } f = \delta F \text{ à } -60 \text{ dB} / B$$

Exemples : dans le schéma ci-dessus représentant la courbe de réponse d'un filtre passe bande, on mesure B = 5 kHz et δF à -60 dB = 25 kHz. Quels sont le taux de sélectivité et le facteur de forme du filtre ?

Réponses : Sélectivité = $(5 \times 100) / 25 = 500 / 25 = 20 \%$

Facteur de forme = $100 / S = 100 / 20 = 5$ ou $25 / 5 = 5$.

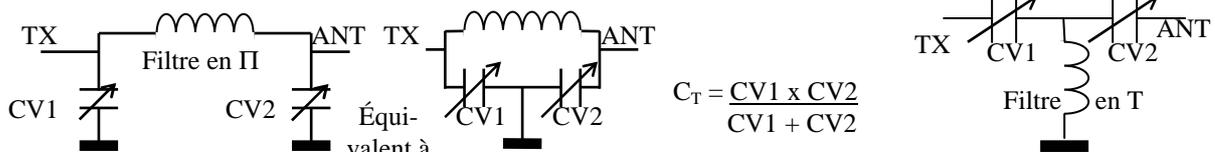


L'atténuation du signal à la sortie du filtre RLC constitué d'une seule cellule suit une courbe de Gauss et la bande passante du circuit pour une atténuation différente de 3 dB est donnée par la formule : $B_p = B \times \sqrt{p - 1}$ avec $B = F_0 / Q$ et $p =$ rapport de puissance de la bande passante B_p . Ainsi, un circuit RLC à une seule cellule a un facteur de forme de 1000 (soit $S = 0,1\%$) car δF à -60 dB = $\sqrt{(1000000 - 1) \times B} \approx 1000 \times B$.

Un **ondemètre à absorption** est un appareil de mesure de fréquence qui nécessite de la puissance pour fonctionner. La bobine interchangeable du circuit LC de l'ondemètre est couplée avec le signal dont on veut connaître la fréquence. Lorsque la valeur du condensateur varie, la tension aux bornes du circuit LC lue par le voltmètre de l'appareil marque un pic très net (le « dip ») indiquant que le circuit est accordé. La fréquence est relevée sur l'échelle de lecture du condensateur. Si le pic n'est pas franc, il peut s'agir d'un harmonique. Le voltmètre peut être remplacé par une lampe à incandescence dont l'éclat indique le pic de résonance.

Un **grid-dip** fonctionne sur le même principe mais n'a besoin d'aucune puissance externe pour fonctionner car il possède son propre générateur HF. Lorsque le circuit à mesurer résonne sur la fréquence de l'oscillateur, la consommation de ce dernier chute brutalement indiquant que le circuit est accordé.

4.5) Le filtre en pi (appelé ainsi à cause de sa forme : en Π , lettre grecque pi majuscule) est un filtre passe-bas anti-harmonique qui a une impédance d'entrée différente de celle de sortie grâce aux deux condensateurs variables indépendants CV1 et CV2. Utilisé dans une boîte de couplage, ce filtre permet d'adapter l'impédance de l'ensemble câble + antenne avec l'impédance de sortie de l'émetteur. L'atténuation de ce filtre est de 12 dB par octave (6 dB x 2 éléments, filtre du second ordre) car les deux CV se comportent comme un seul CV de valeur C_T (montage en série). Les résistances parasites (en série ou en parallèle) évoquées au § 4.4 ont une incidence négligeable sur les caractéristiques des filtres passe-haut et passe-bas. **Le filtre en T** est un filtre passe-haut du second ordre nommé ainsi à cause de sa forme (en T) constitué d'une bobine et de deux condensateurs.



4.6) Autres calculs à partir des formules de ce chapitre (variantes des formules des § 4.3 et 4.4)

Les variantes suivantes sont déterminées à partir de la formule de Thomson (à la résonance, $Z_L = Z_C$) :

- Calcul de L ou de C pour une fréquence donnée à partir d'une des valeurs L ou C connues : $F = 1/[2\pi\sqrt{LC}]$ donc : $C = 1 / 4\pi^2 F^2 L$ ou encore : $L = 1 / 4\pi^2 F^2 C$ ou formules simplifiées : $C(\text{pF}) = 25330 / F^2(\text{MHz}) / L(\mu\text{H})$ et $L(\mu\text{H}) = 25330 / F^2(\text{MHz}) / C(\text{pF})$. Dans les formules simplifiées, $25330 = 10\,000 / 4\pi^2 \approx 159^2$

- Calcul de la pulsation de la fréquence de résonance : $\omega (= 2\pi F(\text{rad/s})) = 1/\sqrt{LC}$

- Calcul de Z_L et de Z_C : $Z_L = Z_C$ et puisque $F = 1/[2\pi\sqrt{LC}]$, alors $2\pi FL = L/\sqrt{LC}$ donc $Z_L (= Z_C) = \sqrt{L/C}$

Sur une calculette, à partir des valeurs du circuit bouchon du § 4.4, calcul de C avec $F = 3,183 \text{ MHz}$ et $L = 25 \mu\text{H}$

$C = 3,183 \cdot 10^6 (F) [x^2] = 10,131 \cdot 10^{12} \times 25 \cdot 10^{-6} (L) = 253,29 \cdot 10^6 \times 4 \times [\pi] \times [\pi] = 9,99 \cdot 10^9 [1/x] = 100 \cdot 10^{-12} = 100 \text{ pF}$
 formule simplifiée : $C(\text{pF}) = 25330 \div 3,183^2 (F \text{ en MHz}) \div 25 (L \text{ en } \mu\text{H}) = 25330 / 3,183 / 3,183 / 25 = 100 \text{ pF}$

Calcul de la pulsation : $\omega = 25 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C) = 2,5 \cdot 10^{-15} [\sqrt{\quad}] = 50 \cdot 10^{-9} [1/x] = 20 \cdot 10^6 = 20\,000\,000 \text{ rad/s}$

En écriture naturelle : $\omega = 1 / [\sqrt{L \times C}] = 1 / [\sqrt{25 \cdot 10^{-6} \times 100 \cdot 10^{-12}}] = 20 \cdot 10^6 = 20\,000\,000 \text{ rad/s}$

Vérification : $\omega = 2\pi F = 2 \times \pi \times 3,183 \cdot 10^6 = 6,28 \times 3,183 \cdot 10^6 = 19\,989\,240$ arrondi à $20\,000\,000 \text{ rad/s}$

Calcul de Z_L : $Z_L = \sqrt{L/C} = 25 \cdot 10^{-6} (L) \div 100 \cdot 10^{-12} (C) = 250 \cdot 10^3 [\sqrt{\quad}] = 500 \cdot 10^0 = 500 \Omega$

En écriture naturelle : $Z_L = \sqrt{L/C} = \sqrt{25 \cdot 10^{-6} (L) \div 100 \cdot 10^{-12} (C)} = 500 \cdot 10^0 = 500 \Omega$

Vérification : $Z_L = 2\pi FL = 6,28 \times 3,183 \cdot 10^6 \times 25 \cdot 10^{-6} = 499,731$ arrondi à 500Ω

Les variantes suivantes sont déterminées à partir des formules de calcul de Z_{bouchon} et de Q_{bouchon} :

- Par définition, $\omega L = 1 / \omega C$ et $Z_{\text{bouchon}} = (\omega L / \omega C) / R = (\omega L)^2 / R$ donc $Z_{\text{bouchon}} = Z_L^2 / R$ ou $Z_{\text{bouchon}} = Z_C^2 / R$

- Puisque $Z_{\text{bouchon}} = Z_L^2 / R$ ou $Z_{\text{bouchon}} = Z_C^2 / R$ et que $Q = Z_{\text{bouchon}} / R$ alors : $Q = (Z_L / R)^2 = (Z_C / R)^2$

- La résistance d'un circuit bouchon non parfait n'est pas facilement mesurable mais se calcule. La bande passante à -3 dB du circuit est mesurée à l'aide d'un grid-dip : le pic de tension à la fréquence de résonance (F_0) est mesuré puis on note les fréquences inférieures et supérieures pour lesquelles le signal est atténué de 3 dB (soit $0,707$ de la tension à F_0). B étant l'écart entre ces deux fréquences, Q est déduit par le calcul : puisque $B = F_0 / Q$, alors $Q = F_0 / B$. De plus, $Q = L / (C \times R^2)$, donc $R^2 = L / (C \times Q)$, d'où : $R = \sqrt{L / [C \cdot Q]}$

- $Q = Z_{\text{bouchon}} / R$ donc $Z = Q \times R$. En remplaçant R par sa formule, $Z_{\text{bouchon}} = Q \cdot \sqrt{L / [C \cdot Q]} = \sqrt{[L \cdot Q] / C}$

Exemples à partir des valeurs du circuit bouchon du § 4.4 : $Z_L = \omega L = 6,28 \times F(\text{MHz}) \times L(\mu\text{H}) = 6,28 \times 3,183 \times 25 = 500$

$Z_C = 159 / F(\text{MHz}) / C(\text{nF}) = 159 / 3,183 / 0,1 = 500$; $Z_{\text{bouchon}} = Z_L^2 / R = Z_C^2 / R = 500^2 / 55 = 4545 \Omega$

$Q_{\text{bouchon}} = (Z_L / R)^2 = (500 / 55)^2 = 9,09^2 = 83$; $Q_{\text{bouchon}} = (Z_C / R)^2 = (500 / 55)^2 = 83$

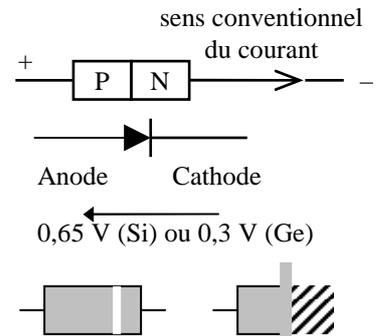
$R = \sqrt{[L \cdot Q] / C} = \sqrt{[25 \cdot 10^{-6} / [100 \cdot 10^{-12} \times 83]]} = \sqrt{[25 \cdot 10^{-6} / 83 \cdot 10^{-10}]} = \sqrt{[25 \cdot 10^{-(6+10)} / 83]} = \sqrt{[0,301 \cdot 10^4]} = 55 \Omega$

$Z_{\text{bouchon}} = \sqrt{[L \cdot Q] / C} = \sqrt{[25 \cdot 10^{-6} \times 83] / 100 \cdot 10^{-12}} = \sqrt{[2,075 \cdot 10^{-3} / 1 \cdot 10^{-10}]} = \sqrt{20750000} \approx 4545 \Omega$

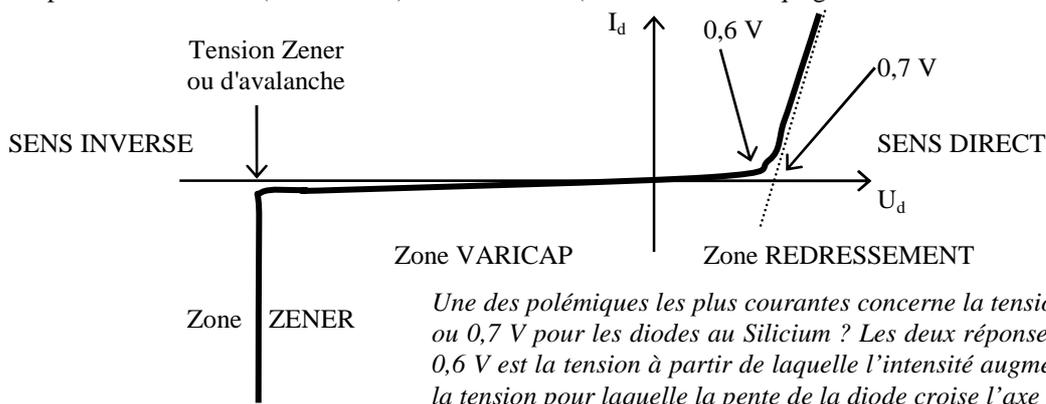
Section B : Les composants actifs

5) Les DIODES et leurs MONTAGES

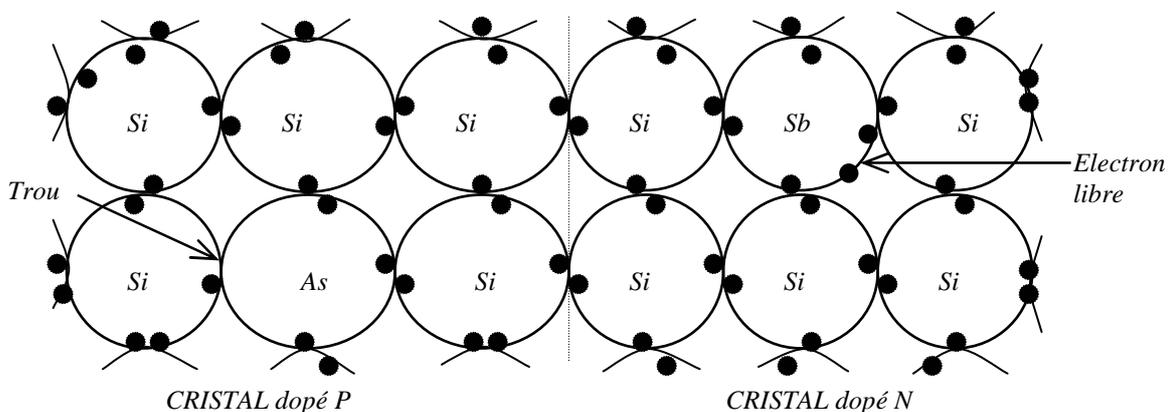
5.1) Les diodes sont des composants qui ne laissent passer le courant que dans un sens qui est indiqué arbitrairement par une flèche. Les diodes sont formées de deux cristaux semi-conducteurs en Silicium ou en Germanium accolés et dopés N et P. Le courant électrique circule dans le sens $P \Rightarrow N$. Lorsque la diode est passante, l'anode est reliée au + et la cathode au -. En sens inverse, la résistance de la diode est très importante (plusieurs centaines de $k\Omega$). La cathode de la diode est repérée au K (inversé dans notre schéma ci-contre) du dessin et par une bague de couleur sur le composant. Le boîtier métallique des diodes de puissance est relié à la cathode ; un pas de vis permet de fixer la diode sur un radiateur pour dissiper plus de puissance.



5.2) Courbes et caractéristiques de fonctionnement d'une diode : les diodes ont une chute de tension dans le sens direct de 0,6 ou 0,7 V pour les diodes au Silicium (Si) et 0,3 V pour celles au Germanium (Ge). En sens direct, dès que la tension augmente au dessus du seuil (0,7 ou 0,3 V selon le cas), l'intensité dans la diode augmente très vite. En sens inverse, les diodes ont une résistance interne très élevée : plus la tension est élevée, plus leur barrière de potentiel, isolante (voir plus loin en italique), s'élargit et plus faible est la valeur de la capacité : c'est l'effet Varicap. Les diodes peuvent supporter des tensions inverses importantes jusqu'à leur tension de claquage ou d'avalanche (tension Zener). A ce moment, la résistance de la diode devient nulle. Cet état peut être réversible (diode Zener) ou irréversible (destruction ou claquage d'une diode de redressement).



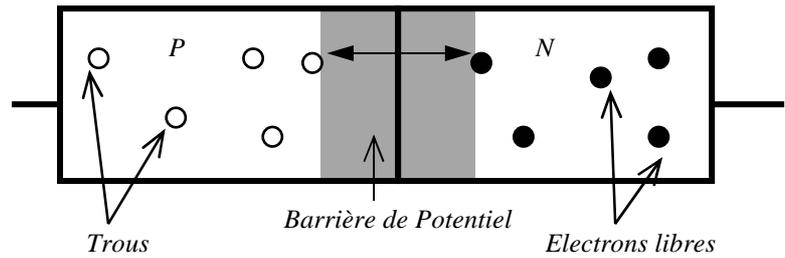
Le germanium et le silicium sont des cristaux semi-conducteurs qui, lorsqu'ils sont purs, ont une forte résistivité car ils ne possèdent pas d'électrons libres (pour le Silicium, $\rho = 640 \Omega m$). En revanche, lorsque certains types d'impuretés comme l'antimoine (symbole chimique : Sb), l'arsenic (As) ou le gallium (Ga) sont introduits en quantités infimes (10^{-8}), le cristal devient conducteur. Les impuretés ajoutent des électrons libres ou, au contraire, des « trous » et « dopent » le cristal. Celui-ci sera de type N si des électrons libres sont ajoutés (N comme négatif, comme la tension des électrons libres) ou de type P si des « trous » sont ajoutés (P comme positif, comme la tension créée par le manque d'électrons).



Dans les cristaux dopés N, les électrons se déplacent en "chassant" les électrons déjà en place dans les atomes d'impureté et qui sont instables car non "liés" à d'autres atomes. Dans les cristaux dopés P, ce sont toujours les électrons qui se déplacent mais, dans ce cas, ils "bouchent" les trous créés par les impuretés. Les "trous" sont

des particules fictives qui se déplacent en sens inverse des électrons. La jonction est la « frontière » entre la zone du cristal dopée P et l'autre zone dopée N.

En l'absence de tension aux bornes de la diode, les électrons de la zone N se recombinent avec les trous de la zone P aux alentours de la jonction, créant la barrière de potentiel très résistante (plusieurs $M\Omega$) car aucun courant ne peut circuler. Lorsque la diode est alimentée en sens inverse (zone N reliée au + et zone P reliée au -), les électrons désertent la zone N, attirés par la tension positive et les trous de la zone P sont bouchés par les électrons apportés par la tension négative ; la diode devient très résistante et la barrière de potentiel s'élargit. En revanche, lorsque la diode est alimentée en sens direct, les électrons de la zone N sont attirés par le potentiel positif branché sur la zone P et se recombinent avec les trous présents de l'autre côté de la jonction. La tension de seuil est nécessaire pour que les électrons puissent "sauter" la barrière de potentiel.



5.3) Montage des diodes :

Diodes	Redressement	Varicap	Zener
Fonctions	Redresse le courant alternatif	condensateur à capacité variable	stabilisateur de tension
Schémas	<p>Mono alternance</p>	<p>Tension de commande du circuit</p> <p>La fréquence du circuit LC varie en fonction de la tension d'alimentation de la diode Varicap. La tension de commande est isolée par Ci. La diode est montée en inverse.</p>	<p>La diode Zener est une soupape qui stabilise la tension U_z aux bornes de la charge. R_z, calculée selon l'intensité consommée par la charge, soulage la diode Zener. La diode est montée en inverse.</p>
	<p>Double alternance avec point milieu</p>		
	<p>Redressement double alternance avec un pont à 4 diodes</p>		

Lorsque les diodes sont utilisées pour « redresser » du courant alternatif, elles sont associées à un condensateur électrochimique de forte valeur : le condensateur permet de lisser la tension à la sortie du redresseur.

Le **redressement mono-alternance** ne nécessite qu'une seule diode : seule une alternance traverse la diode.

Pour redresser les deux alternances du courant alternatif, on emploie soit un transformateur à point milieu et deux diodes soit un transformateur classique et un pont de diodes : un transformateur à point milieu coûte plus cher et tient plus de place qu'un transformateur classique mais la chute de tension dans un pont de diodes est double car le courant traverse deux diodes.

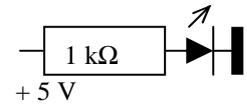
Dans le montage avec **transformateur à point milieu**, lors de la première alternance, la diode du haut du schéma est passante et le courant circule à partir de la masse dans la partie haute de l'enroulement du transformateur. Le courant ne peut aller que vers le condensateur car la diode du bas du schéma est à ce moment bloquée (sens non passant). Lors de la seconde alternance, le courant circule à partir de la masse dans la partie basse de l'enroulement du transformateur puis dans la diode du bas du schéma ; le courant est ensuite amené au condensateur car c'est au tour de la diode du haut d'être bloquée.

Dans le **pont de diodes**, les diodes sont toutes dans le même sens et leurs flèches sont dirigées vers le condensateur de filtrage. Lors d'une alternance, seules les deux diodes d'une diagonale du pont sont passantes et lors de l'autre alternance, seules les deux diodes de l'autre diagonale sont passantes.

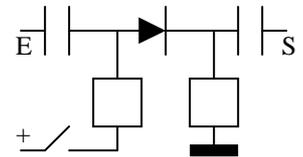
La **diode Varicap**, reconnaissable à son double trait sur la cathode représentant le condensateur, est montée en sens inverse (non passant) et permet de remplacer un condensateur variable. Sa capacité est commandée par la tension inverse présente à ses bornes. Plus cette tension est élevée, plus la barrière de potentiel est épaisse, plus sa capacité est faible. Elle sera montée avec des condensateurs qui isoleront sa tension de commande.

La **diode Zener**, reconnaissable à sa forme en Z, est montée en sens inverse (non passant) et utilisée en stabilisateur de tension : lorsque la tension aux bornes de la charge est supérieure à la tension d'avalanche de la diode, elle devient brusquement passante : la tension diminue aux bornes de la charge puis la diode redevient isolante lorsque la tension est inférieure à sa tension d'avalanche. On peut comparer son fonctionnement à celui d'une soupape libérant de la vapeur lorsque la pression est trop importante.

Les **LED**, reconnaissables à la flèche ou à l'éclair qui leur est associé, sont des diodes qui s'éclairent lorsqu'un courant les traverse. Plusieurs couleurs existent : rouge, vert et jaune orangé sont les plus courantes. Les LED sont montées avec une résistance de 1 kΩ en série pour limiter le courant lorsqu'elles sont alimentées en 5 ou 12 V.



Enfin, les diodes (en particulier les diodes de redressement) peuvent être utilisées comme des **commutateurs** pour courant alternatif et remplacent les relais électromécaniques. Le schéma ci-contre illustre cette utilisation. Lorsque l'interrupteur est ouvert, aucun courant ne passe dans la diode si le courant alternatif n'atteint pas la tension de seuil de la diode. Lorsque l'interrupteur est fermé, un courant parcourt la diode et la composante alternative passe au travers des deux condensateurs.



Les **diodes PIN** sont tout à fait adaptées pour ce genre d'application en HF : ces diodes ont une courbe de réponse lente, obtenue en intercalant une couche semi-conducteur non dopée, donc isolante, entre les deux couches P et N, ce qui donne une jonction PIN (Positif, Isolant, Négatif). En cas de coupure de l'alimentation, la diode reste passante plus longtemps qu'une diode jonction PN classique. De même, lorsque la diode n'est pas alimentée, elle reste bloquée même lorsque la tension HF à l'entrée dépasse la tension de seuil (0,7V), contrairement à ce que fait une diode jonction au silicium.

Les **diodes Schottky** sont utilisées en HF dans les mélangeurs en anneau (voir § 7.7) et dans les ponts de redressement d'alimentation (voir § 5.4). Le semi-conducteur utilisé est souvent de l'Arséniure de Gallium (GaAs) qui permet une commutation très rapide et génère une faible tension de seuil (0,25 V).

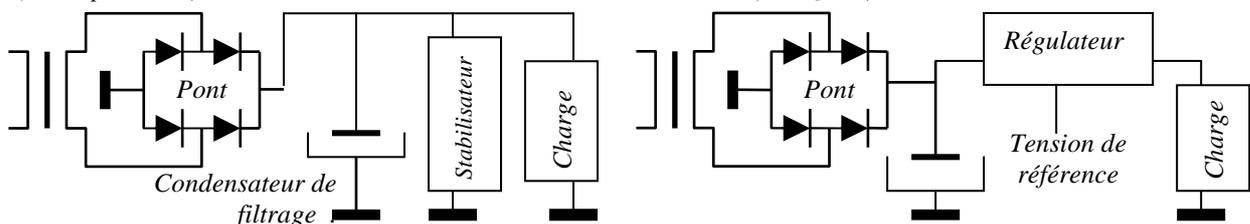
Les **diodes Gunn**, placées en parallèle sur un résonateur (cavité) et une charge, sont utilisées dans les oscillateurs hyperfréquence et dans les étages multiplicateurs hyperfréquence (à partir de 10 GHz).

5.4) Dans une **alimentation**, les diodes au silicium font chuter la tension d'un peu plus de 0,7 volt à chaque passage, soit un peu plus de 1,4 volts en tout pour un redressement par pont de diodes, comme présenté ci-dessous. Le condensateur de filtrage maintient la valeur de la tension de sortie à sa valeur de crête.

Éléments	Redressement par un Pont	Chute de tension des diodes	Lissage du condensateur
Forme du courant			
Calcul	Alternance 2 redressée U_s ne change pas	Passage dans 2 diodes Chute de $2 \times 0,7$ V	Filtrage $U_s = (U \times 1,414) - (2 \times 0,7$ V)

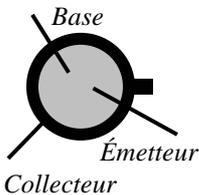
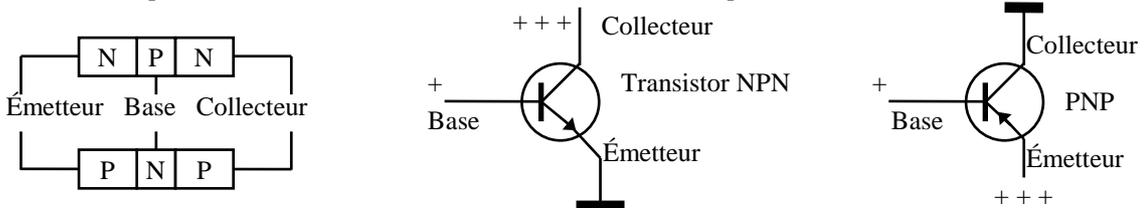
Le schéma de droite ci-dessus montre que le courant dans les diodes de redressement n'existe que lors du « remplissage » du condensateur de filtrage puis, par la suite, que lors de la « remise à niveau » de ce condensateur, c'est-à-dire un temps très court compris entre le moment où la sinusoïde atteint la tension du condensateur qui se décharge et le maximum de la sinusoïde. Le courant instantané passant dans les diodes est donc nettement supérieur au courant moyen délivré par l'alimentation.

Après le condensateur de filtrage (de type chimique), on trouve un étage de **stabilisation** ou de **régulation** avant la charge. La charge est l'ensemble des équipements branchés sur l'alimentation. La charge est vue par l'alimentation comme une résistance variable car les équipements branchés consomment une intensité variable pour une tension d'alimentation fixe. Un stabilisateur est monté en parallèle sur la charge (stabilisation par **diode Zener**, par exemple). Un régulateur est monté en série avec la charge après le condensateur et a besoin d'une tension de référence stabilisée. Dans les alimentations, les deux montages sont souvent combinés : un stabilisateur constitué d'une diode Zener donne la tension de référence au régulateur qui est bâti autour d'un (ou de plusieurs) transistor « ballast » monté en collecteur commun (voir § 6.3)



6) Les TRANSISTORS et leurs MONTAGES

6.1) Un transistor est composé de deux diodes montées tête-bêche, c'est pour cela qu'on le nomme aussi transistor bipolaire (ou jonction). Un transistor peut donc être **NPN ou PNP** mais les NPN sont les plus courants. Les transistors sont différenciés par le sens de leur flèche représentant la jonction base-émetteur. Quand la flèche PéNètre, il s'agit d'un PNP; quand elle Ne PéNètre pas, il s'agit d'un NPN. Le sens de la flèche indique le sens du courant dans le transistor. Un transistor est composé d'un **émetteur** repéré par la flèche sur sa représentation schématique, d'une **base** représentée par un trait vertical qui est une fine couche de matière dopée en polarité inverse de celle de l'émetteur et d'un **collecteur** (sans repère). La première lettre du type du transistor donne la polarité où doit être branché l'émetteur du transistor (NPN = émetteur au - ; PNP = émetteur au +). Le collecteur est branché à la polarité inverse de l'émetteur. La base est reliée à une polarité intermédiaire.

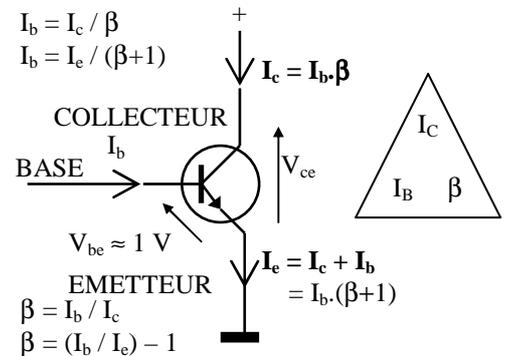


Brochage d'un boîtier TO18 vu du dessus

Le transistor est monté dans un boîtier et, selon le boîtier, le brochage diffère (ci-contre : brochage du boîtier TO18 avec son ergot repérant l'émetteur). Le collecteur peut être connecté au boîtier si il est métallique. Le fonctionnement interne du transistor n'est pas au programme : la jonction base-émetteur est assimilable à une diode passante. La jonction collecteur-base polarisée en inverse ne constitue pas une barrière de potentiel comme dans une diode. Toute charge de l'émetteur (électron ou trou selon le type de transistor) qui atteint la zone désertée de la jonction collecteur-base est propulsée vers le collecteur par le champ régnant dans cette zone de transition. La base étant mince, la majorité (99 %) des charges émises par l'émetteur vont être récupérées par le collecteur : c'est l'effet transistor.

6.2) Gain d'un transistor : Le courant collecteur est directement

fonction du courant de base. β (lettre grecque bêta minuscule) est le gain du transistor. Quelle que soit la tension collecteur, on a $I_c = I_b \cdot \beta$ ou $I_b = I_c / \beta$. On pourra utiliser le triangle comme pour la loi d'Ohm. Le gain est toujours donné par le constructeur pour du courant continu et pour une température de 20°C. **Le gain augmente avec la température**, d'où les problèmes liés à l'emballement thermique. Le gain du transistor diminue lorsque la fréquence à amplifier augmente. La **fréquence de coupure** est la fréquence pour laquelle le gain du transistor n'est plus que de 70% du gain initial en courant continu. A cette fréquence, la puissance dissipée par la résistance de charge (voir § 7.2) sera atténuée de 3 dB (soit divisée par 2 car $P = R \cdot I^2$; R est constante donc sans incidence ; ainsi $P = I^2 = 0,7^2 = 0,49 \approx 1/2$).



Exemple : sur la base d'un transistor dont le gain (β) est de 80 est appliqué un courant de 500 μ A. Quelle intensité est constatée sur le collecteur du transistor (en mA)? **Réponse :** $I_c = I_b \cdot \beta = 500 \mu\text{A} \times 80 = 40\,000 \mu\text{A} = 40 \text{ mA}$

6.3) Montages des transistors : chacun de ces 3 montages fondamentaux a des caractéristiques spécifiques qu'il faut connaître pour l'examen (gain en intensité et en tension, impédance d'entrée et de sortie, déphasage).

Montage	Émetteur commun	Collecteur commun	Base commune
Schémas			
Caractéristiques :			
Gain en intensité	$I_c = I_b \cdot \beta$, Gain = β	$I_e = I_b \cdot (\beta + 1)$, Gain = $\beta + 1$	$I_c \approx I_e$, Gain = $\beta / (\beta + 1) < 1$
en tension	Moyen	Pas de gain (<1)	Élevé
Z <u>Entrée</u> / <u>Sortie</u>	Moyenne / Élevée	Élevée / Basse	Basse / Très élevée
Déphasage	180° (signal inversé)	Pas de déphasage	Pas de déphasage

L'élément dit « commun » (émetteur commun, par exemple) est celui qui est relié à une tension fixe et sur lequel il n'y a ni l'entrée du signal ni sa sortie.

Le montage **en émetteur commun** est le plus couramment utilisé. Le gain en intensité de ce montage est le gain donné par le constructeur (β). Le gain en tension est moyen, du même ordre de grandeur que le gain en courant. Le gain en tension est fonction de la résistance de charge (voir § 7.2). L'impédance d'entrée est moyenne (une centaine d'ohms) et l'impédance de sortie est élevée (quelques milliers d'ohms). Le signal de sortie récupéré sur le collecteur est déphasé de 180° par rapport au signal d'entrée appliqué sur la base (le signal est inversé).

Le montage en **collecteur commun** est reconnaissable au fait que le signal de sortie est récupéré sur l'émetteur, d'où son autre nom : émetteur suiveur. Ce montage est utilisé lorsqu'une faible impédance est nécessaire en sortie (jusqu'à quelques dizaines d'ohms). L'impédance d'entrée est élevée (quelques milliers d'ohms). Le gain en intensité est quasiment le même qu'en émetteur commun ($\beta+1$) alors que la tension de sortie est légèrement inférieure à celle de l'entrée (gain en tension inférieur à 1). Ce montage, utilisé pour alimenter un haut-parleur ou dans les montages de « ballasts » des alimentations secteur, n'introduit pas de déphasage.

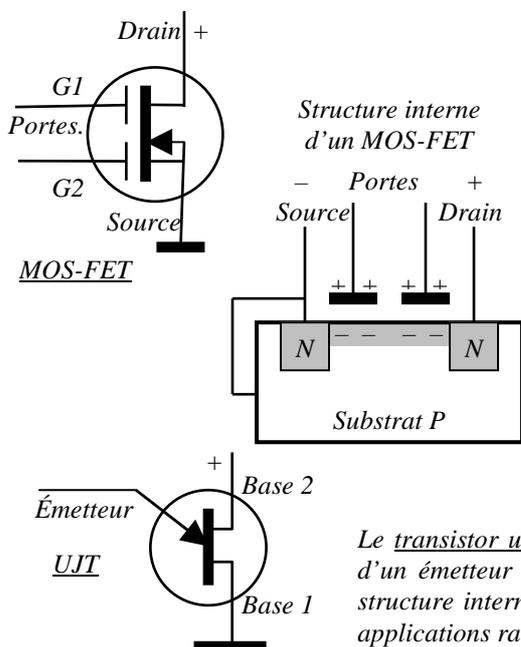
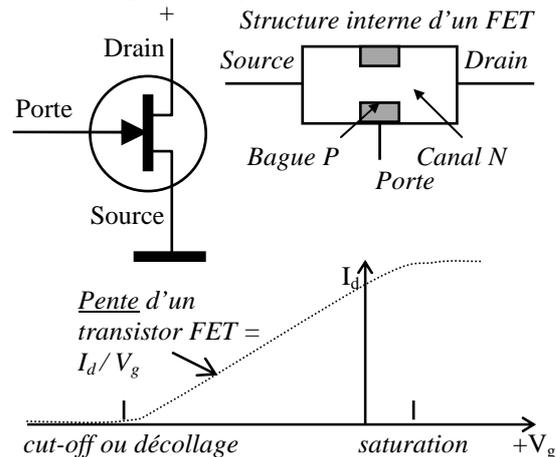
Le montage en **base commune** est reconnaissable au fait que le signal d'entrée n'est pas appliqué à la base mais sur l'émetteur. Ce montage est utilisé pour adapter des impédances : celle de l'entrée est basse (quelques dizaines d'ohms) tandis que celle de la sortie est très élevée (plusieurs milliers d'ohms). Il n'y a pas de gain en intensité mais un gain en tension élevé. Ce montage, peu utilisé, n'introduit pas de déphasage.

Lorsque le transistor est monté en **commutateur**, il fonctionne en « bloqué-saturé » (voir § 7.2) selon la tension présente aux bornes de sa jonction base-émetteur. Dans ce montage, la notion de gain et d'impédance disparaît.

6.4) Les transistors FET (Field Effect Transistor en anglais ou TEC, transistor à effet de champ) s'apparentent

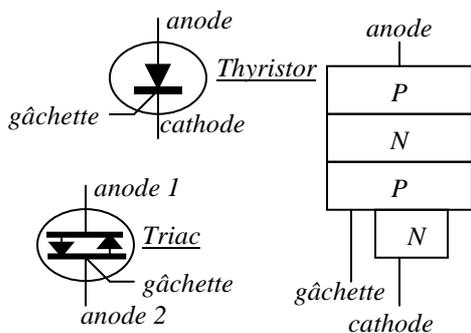
plus **aux tubes thermoïoniques** qu'aux transistors bipolaires (notion de **pen**te au lieu de gain). L'entrée s'appelle la **source**, la sortie s'appelle le **drain**, et la commande se nomme la **porte** (gate en anglais).

Le FET est constitué d'un barreau semi-conducteur de type N appelé canal. Aux deux extrémités du canal sont reliées la source et le drain. La porte est reliée à un semi-conducteur de type P en forme de bague et entoure le canal. La porte est aussi appelée aussi grille par référence aux tubes. La jonction PN au niveau de la porte est isolante lorsque la tension de la porte est négative par rapport au canal. Lorsque la tension inverse sur la porte augmente, la barrière de potentiel s'élargit, le canal se rétrécit et l'intensité diminue. On ne parle pas de gain mais de **pen**te, qui est le rapport obtenu en divisant l'intensité du drain par la tension appliquée à la porte (I_d/V_g). L'impédance d'entrée du circuit est très grande (de l'ordre de l'impédance de la diode montée en sens inverse). L'impédance de sortie est très faible et varie en fonction de la tension de porte (V_g). La puissance admissible par les FET reste faible.



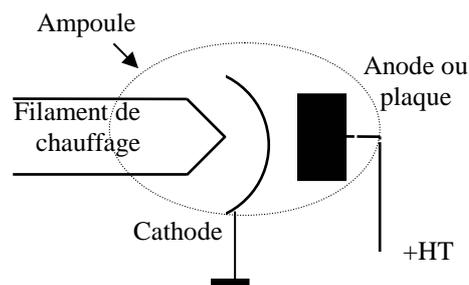
Dans un **MOS-FET** double porte, G1 est la porte (ou grille) de commande où le signal d'entrée est appliqué, la tension de G2 est ajustée pour obtenir la pente désirée. A la différence des FET, la tension de commande des portes est positive par rapport à la source. Dans un substrat (équivalent du canal pour les FET) faiblement dopé P, sont insérées deux zones N fortement dopées qui seront la source et le drain du MOSFET ; elles sont distantes d'une dizaine de μm et séparées par le substrat P. La source est reliée au substrat. Les portes, placées entre la source et le drain, sont isolées du substrat par une fine couche d'isolant (de l'oxyde de silicium). Cette caractéristique donne son nom au MOSFET : Metal Oxyde Semiconductor. Par effet capacitif, les tensions positives présentes sur les portes attirent les rares électrons présents dans le substrat P créant ainsi une zone N conductrice plus ou moins étroite entre la source et le drain. La puissance admissible par les MOS-FET les rend fréquents dans les étages de puissance.

Le **transistor unijonction (UJT)**, appelé aussi diode à deux bases, est composé d'un émetteur sur lequel est appliqué le signal d'entrée et de deux bases. Sa structure interne est proche de celle du FET. Ce transistor, peu utilisé dans les applications radio, est souvent utilisé en générateur d'impulsions.

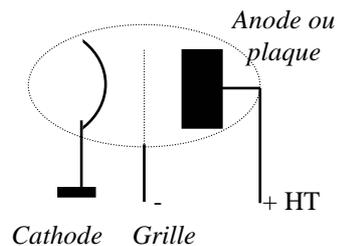


Le thyristor est composé d'une anode, d'une cathode et d'une gâchette et est utilisé en courant continu. Le courant circule comme dans les diodes de l'anode vers la cathode. La structure interne du thyristor est composée de deux jonctions PN mises bout à bout. Le thyristor devient totalement conducteur à la suite d'une impulsion électrique (appelée amorçage) sur la gâchette : la jonction NP centrale, normalement isolante, devient passante comme avec le transistor bipolaire. Non seulement, cette conduction est franche et brutale mais elle est permanente même après cessation du courant de gâchette. Le triac est composé de deux thyristors montés tête-bêche et est utilisé en courant alternatif.

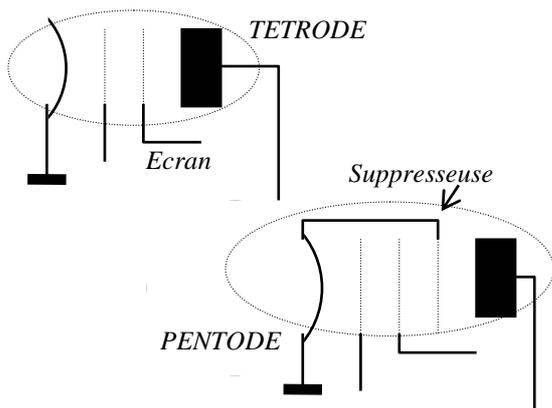
6.5) Les tubes thermoïoniques (ou tubes électroniques) sont encore employés dans les amplificateurs de puissance. **Les diodes thermoïoniques** (appelées aussi valves) ont été les premiers tubes thermoïoniques mis au point au début du 20^{ème} siècle. Dans une ampoule en verre ou en céramique, dans laquelle on a fait le vide, se trouve deux électrodes : la cathode et l'anode. La **cathode** est constituée d'un fil métallique chauffé par un **filament** (souvent alimenté en 6,3 V). La température élevée de la cathode génère une émission d'électrons. Ceux-ci sont récupérés par **l'anode**, ou plaque, lorsque sa tension est positive par rapport à la cathode. Le courant sera d'autant plus fort que la tension plaque sera élevée (50 V et plus). Seule la diode thermoïonique est au programme de l'examen.



6.6) Les autres tubes thermoïoniques : l'intensité plaque varie en insérant entre anode et cathode une **grille de commande**, alimentée négativement par rapport à la cathode (-6 V à 0 V). Plus la tension grille (V_g) est négative, plus le courant plaque (I_p) est faible car les électrons, qui ont une tension négative, refusent de passer à travers la grille : ils sont repoussés par celle-ci. Ce tube s'appelle une **triode** car il possède trois électrodes (voir ci-contre). A la différence du transistor, l'intensité de sortie est commandée par la tension d'entrée. On ne parle pas de gain mais, comme pour les FET, de pente (rapport I_p / V_g).

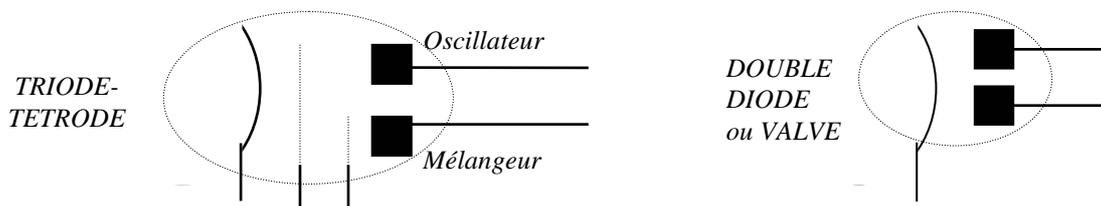


Dans les schémas, par commodité de lecture, les filaments de chauffage sont souvent représentés tous ensemble et donc à un autre endroit que les électrodes du tube.



En augmentant la fréquence du courant amplifié par le tube, des effets capacitifs entre grille et plaque nuisent au bon fonctionnement du circuit. Pour éviter ce phénomène, une électrode supplémentaire est insérée entre grille et plaque : **l'écran**. Celui-ci est alimenté à la moitié de la tension plaque et augmente l'isolement entre l'entrée et la sortie du tube. Le tube s'appelle alors **tétrode**. Un résultat similaire est obtenu avec la méthode du **neutrodynage** : un condensateur ajustable est branché entre la grille et la plaque. Dans le tube **pentode**, une troisième grille est ajoutée, la **suppresseuse**, qui est reliée à la cathode. Sans cette grille, le choc des électrons sur la plaque les fait rebondir et retourner sur l'écran.

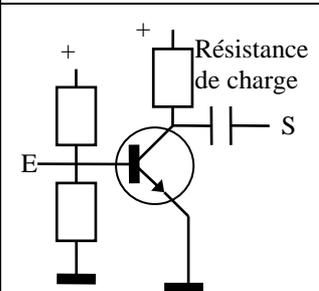
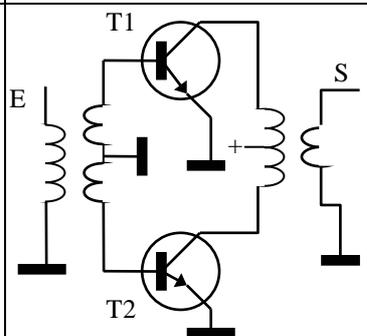
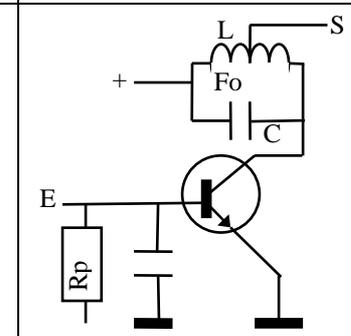
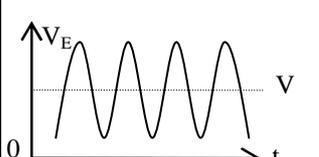
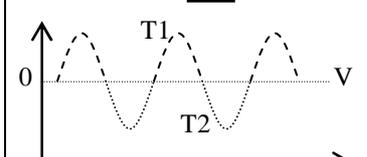
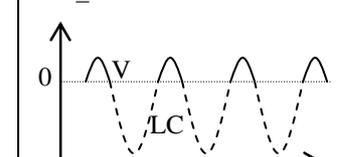
Il existe d'autres tubes avec des fonctions spécifiques et des électrodes supplémentaires. Certaines ampoules accueillent plusieurs tubes ayant des fonctions différentes (double triode, oscillateur-mélangeur, double diode)



7) AMPLIFICATEURS, OSCILLATEURS et MÉLANGEURS

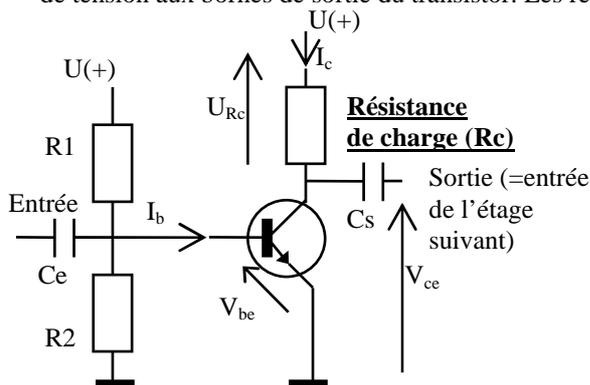
7.1) Les classes d'amplification

(ou de polarisation) : les trois classes (A, B et C) diffèrent selon la valeur de la tension de repos en l'absence de signal à l'entrée du circuit (notée V sur les représentations du signal d'entrée ci-dessous). En **classe A**, le montage le plus courant, la tension de repos est centrée par rapport au signal d'entrée. Les pointes de la tension d'entrée ne doivent jamais être négatives. La **classe B** utilise deux transistors qui amplifient chacun une alternance du signal. Ce montage encombrant à cause des transformateurs est difficile à régler et nécessite des transistors appariés aux caractéristiques identiques. Le montage avec deux transistors complémentaires (PNP et NPN) appariés évite l'emploi de transformateurs. En **classe C**, grâce à la résistance de polarisation R_p branchée au - ou à la masse, seule une partie du signal est restituée par le circuit oscillant de sortie accordé sur la fréquence d'entrée. Cette classe d'amplification est à proscrire dans le cas d'un signal modulé en amplitude (AM, BLU). Il existe aussi la **classe AB**, très répandue dans les étages de puissance et s'apparentant à la classe A. En classe AB, la tension de repos est inférieure à la tension de repos de la classe A, ce qui augmente le rendement de l'amplificateur sans trop détériorer sa linéarité si les pointes négatives ne sont pas trop écrêtées. Lorsque cette classe est utilisée en émission, l'amplificateur sera suivi d'un circuit de sortie qui aura, entre autres, la fonction de filtrer les harmoniques produits par ces non-linéarités (filtre passe-bas). On distingue les classes AB1 et AB2. La classe AB1 indique que l'étage amplificateur n'absorbe pas de courant de l'étage qui le précède, il s'agit en général d'un étage à haute impédance. La classe AB2 indique que l'amplificateur absorbe du courant en provenance de l'étage qui le précède.

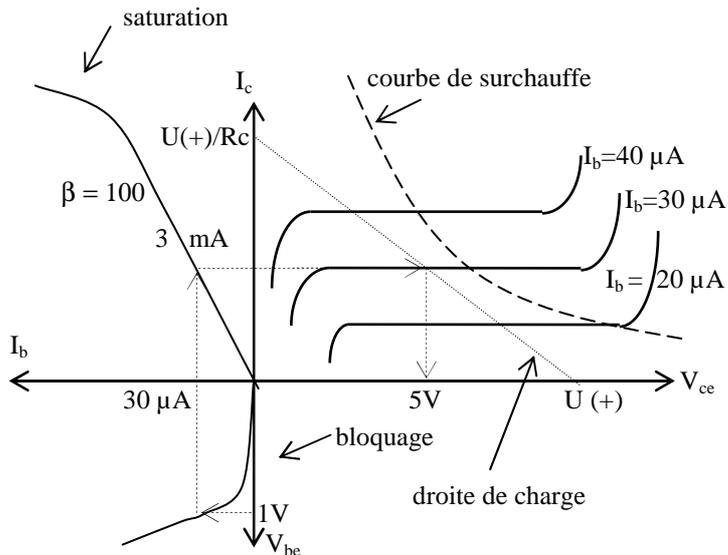
	Classe A	Classe B	Classe C
Schéma de principe			
Forme du signal amplifié			
Niveau de la tension de repos (V)	La tension de repos est centrée par rapport au signal d'entrée	amplification par T1 : - - - - amplification par T2 : - - - - : restitution par le circuit LC accordé sur la fréquence F_0
Déphasage	180°	pas de déphasage	pas de déphasage
Commentaires	Montage classique ; génère peu d'harmoniques car très linéaire	2 transistors, 2 transfos ; peut générer des harmoniques impaires (3F, 5F, 7F, ...)	montage peu courant ; génère un fort niveau d'harmoniques (2F, 3F, 4F, ...)
Rendement	30 à 50 % maximum	50% à 60%	70 à 80% et +

7.2) La résistance de charge

(R_c) est le dispositif normalement utilisé en classe A pour récupérer les variations de tension aux bornes de sortie du transistor. Les résistances R_1 et R_2 fixe la tension de repos de l'amplificateur.



Les variations de la tension d'entrée passent à travers le condensateur d'entrée, C_e , et créent les variations de I_b (effet diode de la jonction base-émetteur). Les variations d' I_b créent les variations d' I_c ($I_c = \beta \cdot I_b$) quelle que soit la tension d'alimentation du transistor, V_{cc} . Le courant collecteur, I_c , est traduit en tension sur R_c ($U = RI$). Cette tension est récupérée sur le condensateur de sortie, C_s , pour transmettre le signal à l'étage suivant. La résistance de charge détermine la **droite de charge** de l'amplificateur dont la pente est négative. Quand I_b est nul, I_c est nul, U_{Rc} est nul et la sortie est au potentiel d'alimentation (+). D'autre part, le courant maximum dans R_c est : $U(+)/R_c$.

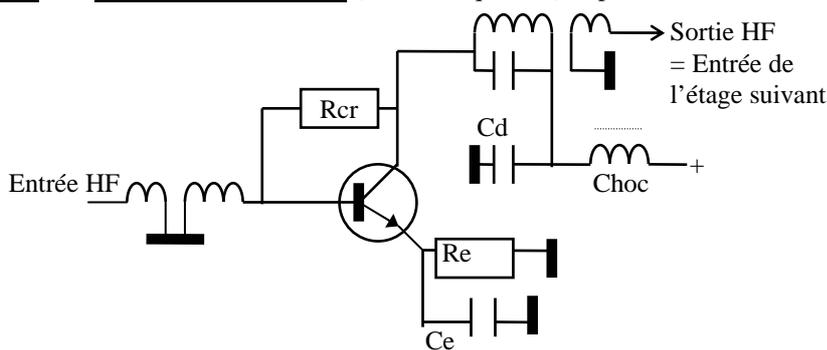


maximale parcourue par cette résistance, c'est-à-dire $U(+)/R_c$. Avec une tension V_{be} de 1 V, l'intensité $I_b = 30 \mu A$ et l'intensité $I_c = 3 \text{ mA}$ (puisque $\beta = 100$). Compte tenu de la valeur de R_c , cette valeur de I_c donne $V_{ce} = 5 \text{ V}$. Les courbes sont données par le constructeur du transistor et la droite de charge (en pointillé) est déterminée par le montage (la tension d'alimentation du transistor, $U(+)$, et la valeur de la résistance de charge, R_c). Pour que l'amplificateur soit linéaire, la partie utilisée de la droite de charge doit se trouver dans la zone où les courbes I_b sont plates. Enfin, la droite de charge ne doit pas dépasser la courbe de **surchauffe** donnée par le constructeur. Au delà de cette courbe, la chaleur dégagée par le transistor ($P = V_{ce} \times I_c$) peut conduire à sa destruction.

La lecture de ce graphique montre que lorsque la tension V_{be} augmente, la tension V_{ce} diminue, ce qui explique le déphasage de 180° généré par le montage. Dans cet exemple, l'impédance d'entrée est $1 \text{ V} / 30 \mu A = 33 \text{ k}\Omega$ et l'impédance de sortie est $5 \text{ V} / 3 \text{ mA} = 1666 \Omega$. Si la tension d'alimentation du circuit, $U(+)$, est 12 V, la résistance de charge aura pour valeur $(12 \text{ V} - 5 \text{ V}) / 3 \text{ mA} = 2333 \Omega$ (une résistance de 2200Ω sera utilisée).

7.3) Liaisons entre les étages : les différents étages d'un montage peuvent être liés de différentes manières. En **direct**, le collecteur est relié à la base du transistor de l'étage suivant. Pour éviter des problèmes de niveau de tension, une ou plusieurs **diodes** sont rajoutées en série dans le cas d'une liaison en courant continu. Un **condensateur** en série séparera les étages dans le cas de courant alternatif. Toujours dans ce cas et afin d'adapter des impédances, la liaison par **transformateur** est utilisée.

7.4) Un amplificateur R.F. (Radio Fréquences), représenté ci-dessous, amplifie de la Haute Fréquence (HF). Cet



amplificateur est constitué de filtres HF (circuit bouchon) et de circuits spécifiques :

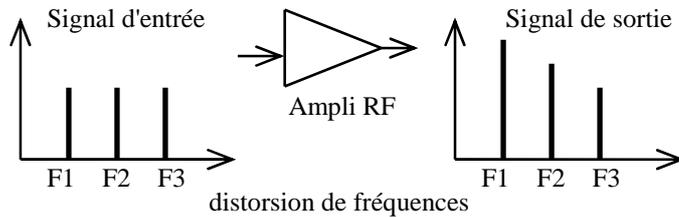
- le **condensateur de découplage** (noté C_d sur le schéma) relié à la masse et la bobine de forte valeur (appelée **bobine de choc**) montée en série au point d'alimentation du circuit évitent que la HF amplifiée « remonte » dans la ligne d'alimentation.

- les transformateurs adaptent les impédances entre les étages.

- la résistance notée R_{cr} sur le schéma est une **résistance de contre-réaction** pour limiter les **auto-oscillations** du circuit. Les capacités parasites du circuit (capacité entre les pistes du circuit imprimé par exemple) ou la mutuelle-induction entre les transformateurs peuvent transformer un amplificateur en oscillateur (voir § 7.5). La résistance de contre-réaction, en réinjectant une partie du signal amplifié en opposition de phase sur l'entrée, empêche l'amplificateur d'osciller.

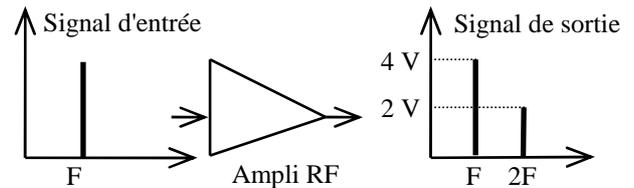
- la résistance présente dans le circuit de l'émetteur (notée R_e sur le schéma) protège le circuit de **l'emballement thermique** en évitant la destruction du transistor : lorsque la température du transistor augmente, son gain augmente, ce qui augmente son courant collecteur et donc sa température. R_e fait augmenter la tension d'émetteur lorsque le courant augmente et réduit la tension base-émetteur, réduisant ainsi le courant de base. Un condensateur de découplage, C_e , stabilise la tension aux bornes de R_e .

Malgré les précautions prises, il arrive souvent qu'un amplificateur RF ne soit pas linéaire. Il y a dans ce cas des **distorsions** qui peuvent être de deux types : distorsions de fréquences ou distorsions harmoniques (aussi appelées distorsions d'amplitude). Les deux distorsions sont souvent combinées. Ces distorsions sont plus facilement lisibles avec des graphiques ayant pour abscisse la fréquence (à la manière d'un analyseur de spectre).



Il y a **distorsion de fréquences** lorsque, selon sa fréquence, le signal de sortie n'est pas proportionnel au signal d'entrée. Dans notre exemple, les fréquences élevées sont moins amplifiées que les fréquences basses. Mais l'inverse peut se produire ou encore le cas où une bande de fréquence est plus (ou moins) amplifiée que les autres.

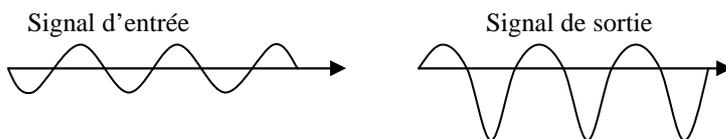
Dans le cas d'un amplificateur ayant une **distorsion harmonique**, s'il n'existe qu'une fréquence en entrée, plusieurs signaux harmoniques (en général 2F et 3F, et parfois plus) seront présents en sortie à des niveaux plus faibles. Le **taux de distorsion harmonique** (TDH, en %) est le rapport obtenu en divisant la tension du signal parasite par la tension du signal désiré. Les signaux parasites sont produits par la déformation du signal d'entrée après son passage dans l'amplificateur. La distorsion peut aussi s'exprimer par le **niveau d'harmonique** (en dB). En présence de plusieurs signaux harmoniques (V_{2F} et V_{3F} par exemple), la tension du signal parasite total (V_p) est : $V_p = \sqrt{V_{2F}^2 + V_{3F}^2 + \dots}$



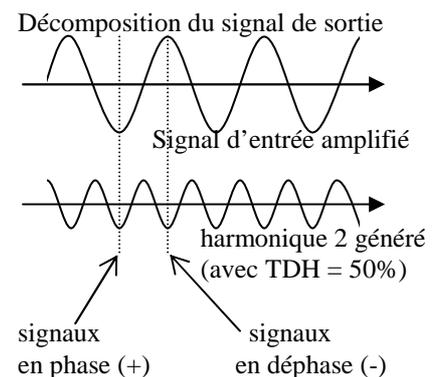
distorsion harmonique (ou d'amplitude)

Exemple : Quel est le taux de distorsion harmonique de l'harmonique 2 (signal 2F) ?

Réponse : $TDH = (V_{2F} / V_F) \times 100 = (2/4) \times 100 = 50\%$



Le signal d'entrée représenté ci-dessus est appliqué à l'entrée d'un amplificateur monté en classe A. En sortie, le signal est déphasé de 180° (il est inversé) mais il est aussi déformé (saturation lors de l'amplification des alternances de sortie positives). L'amplificateur mal réglé n'est pas linéaire : sa distorsion d'amplitude génère un harmonique 2. Le signal de sortie, dans notre exemple, est la superposition du signal d'entrée amplifié et de son harmonique 2.



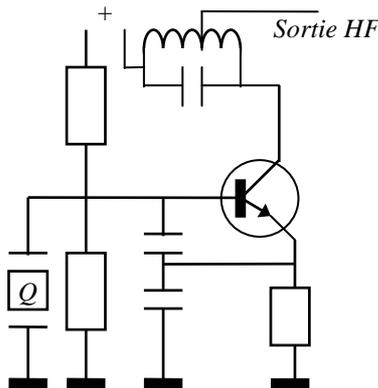
7.5) Un oscillateur est un circuit générateur de signaux sinusoïdaux de fréquence calculée. Il existe des oscillateurs à fréquence fixe (à quartz) (**VXO**) et à fréquence variable. Ces derniers peuvent être commandés mécaniquement avec un condensateur variable (**VFO**), par la variation de tension sur une diode Varicap (**VCO**) ou électroniquement avec un synthétiseur (**PLL** et plus récemment **DDS**). Le **fréquence-mètre** mesure la fréquence d'un signal en comptant les périodes pendant une durée connue et stable. Plus cette durée est longue, plus l'affichage de la fréquence est fin. La précision de l'instrument dépend de la stabilité de la durée de mesure.

Le quartz se trouve à l'état naturel sous forme de cristaux de silice (SiO_2). Le composant nommé **quartz** est constitué d'une lamelle de roche de quartz taillée et coincée entre les deux plaques d'un condensateur. Les quartz fonctionnent grâce à l'effet piézo-électrique du matériau. Lorsqu'une pression est exercée sur les faces d'une lame de quartz, des charges électriques y apparaissent. Inversement, si une tension est appliquée à ses faces, la lame se dilate ou se contracte selon la polarité appliquée. La vitesse de propagation du courant dans la masse du quartz est d'environ 5700 m/s. Lorsque la fréquence de la tension coïncide avec la fréquence propre du quartz, fréquence liée à ses dimensions, il y a résonance. Ainsi, une lame de quartz de 0,3 mm d'épaisseur (e), résonne en demi-onde (l'onde fait un aller-retour dans la masse du quartz) sur 9,5 MHz :

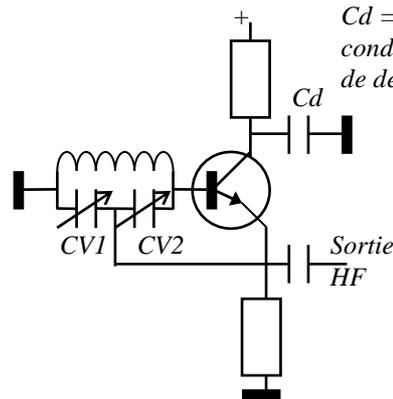
$$F \text{ (MHz)} = 5,7 / [2 \times e \text{ (mm)}] = 5,7 / (2 \times 0,3) = 9,5 \text{ MHz}$$

Le principe de fonctionnement d'un oscillateur repose sur la **réinjection en phase** d'une partie du signal amplifié sur l'entrée du circuit. La connaissance des schémas présentés ci-dessous n'est pas au programme de l'examen. Les **facteurs affectant les conditions de stabilité** des oscillateurs sont les variations de la tension d'alimentation, les variations de température des composants (en particulier des transistors et des quartz) et les défauts de blindage des boîtiers contenant le montage (effet de main).

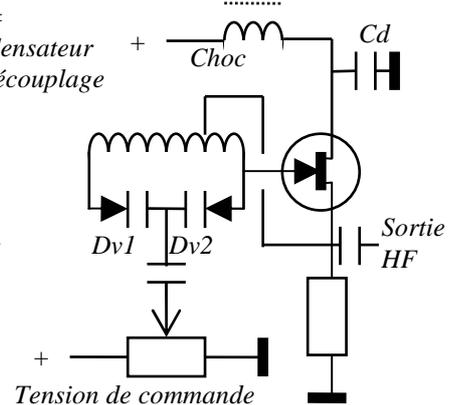
A l'examen, aucune question n'a été recensée sur les schémas fonctionnels ci-dessous. En revanche, quelques questions portent sur les synoptiques de PLL et le théorème de Nyquist lié au fonctionnement des DDS.



Oscillateur à Quartz (VXO), système Colpitts fréquemment utilisé avec les quartz. Très stable et facile à mettre au point, il offre la possibilité d'utiliser le circuit LC de sortie en multiplicateur de fréquence (voir § 7.6).

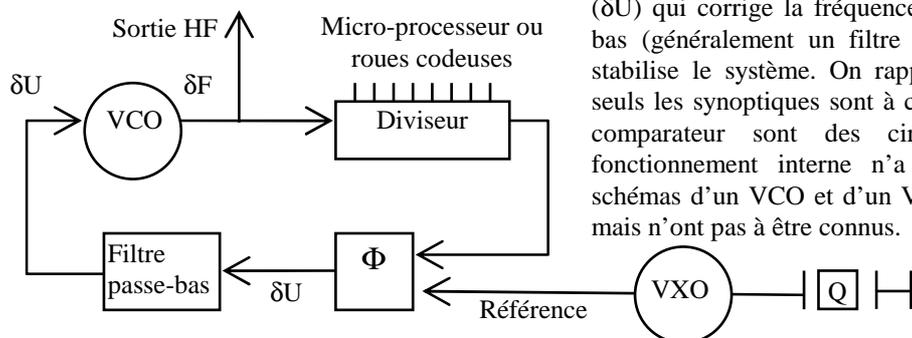


VFO système Clapp, la HF est réinjectée par le point milieu du CV. CV1 et CV2 sont les deux cages d'un condensateur variable mécaniquement liées



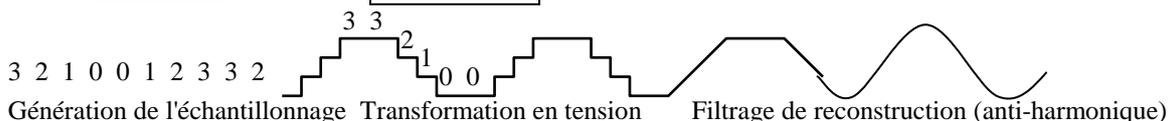
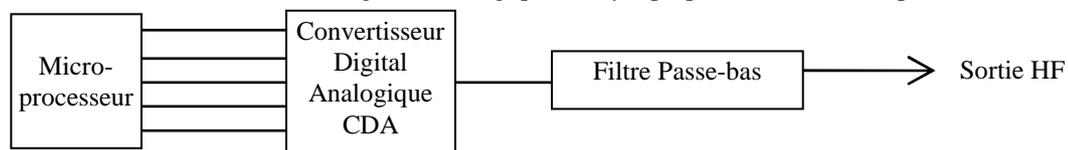
VCO à Varicap système Hartley construit autour d'un transistor FET. La HF est réinjectée par la bobine. La bobine de choc et le condensateur de découplage, Cd, évitent que la H.F. "remonte" dans l'alimentation

Le schéma synoptique (principe de fonctionnement) d'un PLL (de l'anglais : Phase Lock Loop, boucle à verrouillage de phase) est présenté ci-dessous. Un VCO génère le signal HF dont la fréquence (δF) varie avec la tension présente sur la Varicap du VCO (δU) (δ : lettre grecque minuscule delta signifiant « variations de »). Une partie du signal HF passe par un diviseur logique (sortie en 0 ou 1) qui ne peut diviser que par un nombre entier : il envoie une impulsion sur la sortie quand il a compté le nombre de période déterminé par les roues codeuses ou le microprocesseur. Ce signal impulsionnel est comparé à un signal de référence (VXO) dont la fréquence est très stable. En cas de déphasage, c'est-à-dire si les deux signaux n'apparaissent pas en même temps sur les deux entrées du comparateur Φ (lettre grecque phi majuscule), celui-ci génère une tension de sortie



(δU) qui corrige la fréquence du VCO. Le filtre passe bas (généralement un filtre RC) évite les à-coups et stabilise le système. On rappelle que, pour l'examen, seuls les synoptiques sont à connaître. Le diviseur et le comparateur sont des circuits intégrés dont le fonctionnement interne n'a pas à être connu. Les schémas d'un VCO et d'un VXO sont décrits ci-dessus mais n'ont pas à être connus.

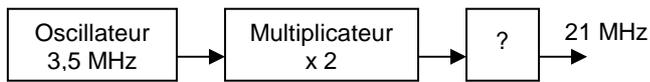
Un DDS (de l'anglais : Direct Digital Synthesis, synthèse digitale directe) fonctionne autour d'un microprocesseur et d'un convertisseur Digital / Analogique. Le synoptique d'un DDS est représenté ci-dessous.



Avec un programme adapté (algorithme), le microprocesseur génère la fréquence par "échantillonnage" : un chiffre représentant la tension à générer est calculé selon une cadence définie et très stable. La détermination de cette cadence est importante car la fréquence maximum générée sera la moitié de la fréquence de la cadence d'échantillonnage (théorème de Nyquist, également valable pour la conversion analogique > digital). En pratique, il convient même de se limiter au tiers de la fréquence d'échantillonnage. En sortie du microprocesseur, un convertisseur Digital / Analogique (CDA, appelé aussi CNA, convertisseur numérique / analogique) transforme les chiffres issus du microprocesseur en tension. Le signal est ensuite filtré énergiquement pour éliminer les harmoniques issus des signaux "carrés" (crénelage) générés par le convertisseur.

7.6) Un multiplicateur de fréquence est un circuit amplificateur RF monté en classe C (générateur de très fortes distorsions harmoniques à cause de sa non-linéarité intrinsèque) dont le filtre de sortie est accordé sur un des harmoniques de la fréquence d'entrée (x2, x3 ou x5 maximum). Si la fréquence doit être multipliée par 9, deux multiplicateurs par 3 seront montés à la suite l'un de l'autre. On ne peut que multiplier par un nombre entier.

Exemple : quel est l'étage marqué ?



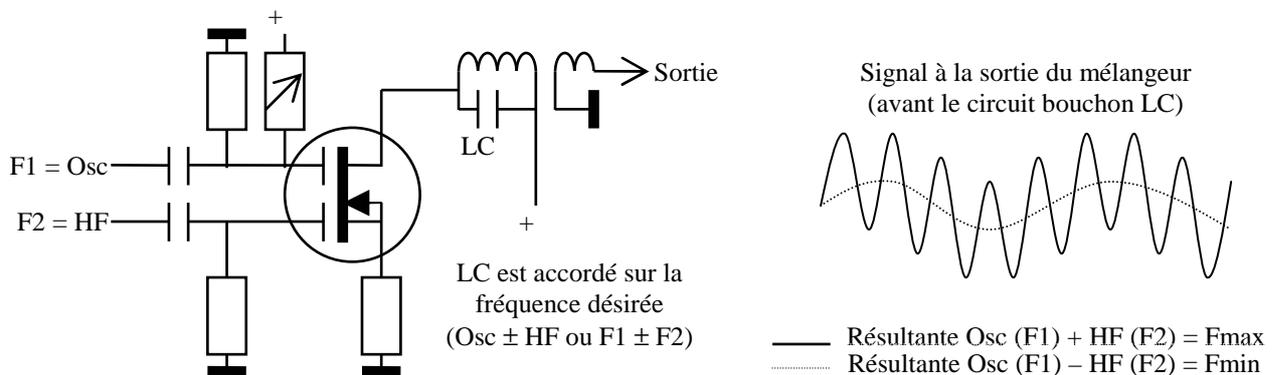
Réponse : l'oscillateur génère du 3,5 MHz et la fréquence de sortie est 21 MHz. La fréquence de l'oscillateur est donc multipliée par 6 ($21 / 3,5 = 6$). Un multiplicateur par 2 est déjà représenté. L'étage marqué ? est donc un étage multiplicateur par 3.

Il faut noter que le spectre d'un signal passant par un multiplicateur est modifié. Par exemple, un signal FM d'excursion de 3 kHz passant dans un doubleur de fréquence aura une excursion de 6 kHz (3×2) à la sortie du circuit. Ce signal sera encore exploitable par le démodulateur FM ; ce qui n'est pas le cas d'un signal AM ou BLU passant par un multiplicateur de fréquences : le montage en classe C n'amplifie que les crêtes du signal, ce qui rend ce dernier inexploitable.

7.7) Un mélangeur est un circuit multiplicateur de tension. Soient F1 et F2 deux fréquences présentes aux entrées du mélangeur. A la sortie de celui-ci, la somme et la différence des fréquences, soit $F1 + F2$ et $F1 - F2$, sont générées. Un filtre à la sortie du circuit permet de sélectionner une des deux fréquences générées. Dans un mélangeur, les tensions des signaux d'entrée F1 et F2 ne sont pas superposées (additionnées) mais multipliées entre elles car l'amplificateur n'est pas linéaire : la distorsion particulière du circuit (**distorsion quadratique**) nous permettra de récupérer en sortie un **mélange de fréquences**.

Dans le schéma ci-dessous, les deux fréquences présentes à l'entrée du mélangeur sont HF et Osc. Le graphique à droite montre le signal après le mélangeur : il y a superposition des signaux de fréquences $Osc + HF$ (trait plein) et $Osc - HF$ (en pointillé). Le filtre bouchon LC, s'il est calculé pour la fréquence $Osc + HF$, éliminera la fréquence $Osc - HF$. Ainsi, après le filtre LC, le signal ne sera plus « ondulé » comme ci-dessous mais aura une amplitude constante.

Dans un mélangeur dont les fréquences d'entrée sont F1 et F2 et dont les fréquences de sortie sont Fmin et Fmax, on a : **Fmax = F1 + F2 et Fmin = F1 - F2** (ou $F2 - F1$) et aussi **F1 = (Fmax - Fmin) / 2 et F2 = Fmax + Fmin / 2**



Exemple 1 : A l'entrée d'un mélangeur, on a 5 MHz et 8 MHz. Quelles fréquences trouve-t-on à la sortie du mélangeur ?
Réponse : 1) $5 + 8 \text{ MHz} = 13 \text{ MHz}$; 2) $5 - 8 \text{ MHz}$ (ou $8 - 5 \text{ MHz}$) = 3 MHz.

Exemple 2 : A la sortie d'un mélangeur, on a 2 MHz et 22 MHz. Quelles sont les fréquences d'entrée du mélangeur ?
Réponse : $F1 = (Fmax - Fmin) / 2 = (22 - 2) / 2 = 20 / 2 = 10 \text{ MHz}$; $F2 = Fmax - F1 = 22 - 10 = 12 \text{ MHz}$.

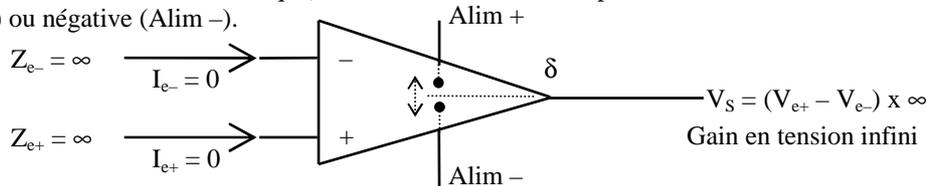
Mathématiquement, si A et B sont les fréquences présentes à l'entrée d'un mélangeur parfait, la relation des tensions de sortie est : $\sin(A) \cdot \sin(B) = \frac{1}{2} \cdot [\sin(A + B) + \sin(A - B)]$. Si le mélangeur ne multiplie pas exactement les tensions présentes à son entrée (cas du montage Mos-Fet ci-dessus), on trouvera en sortie les mélanges « classiques » $F1 + F2$ et $F1 - F2$ (distorsions quadratiques ou **mélanges du 2nd ordre**) mais aussi les fréquences F1 et F2 et leurs harmoniques ainsi que d'autres combinaisons comme par exemple $[(2 \times F1) + F2]$ ou $[(2 \times F1) - F2]$ qui sont des mélanges du 3^{ème} ordre (ou distorsions cubiques). Ceci peut provoquer des perturbations si le niveau de ces signaux parasites est élevé.

Le circuit à Mos-Fet peut être remplacé par un **pont de diodes en anneau** (voir schéma § 12.6). Ce mélangeur se présente sous la forme d'un circuit intégré à 4 broches (2 entrées, 1 sortie, masse). Les diodes utilisées sont souvent du type Schottky (à commutation rapide). La broche de sortie ne présente que les fréquences $F1 + F2$ et $F1 - F2$ mais ce circuit est affecté de trois défauts :

- son facteur de bruit introduit une perte d'environ 10 dB qu'il faudra compenser par de l'amplification ;
- il faut lui fournir sur une des entrées un signal puissant (on pourra choisir l'oscillateur local par exemple) ;
- ce mélangeur demande d'être chargé par les impédances définies par le constructeur (le plus souvent 50 Ω), ce qui n'est pas toujours simple à réaliser quand la bande à couvrir est très large.

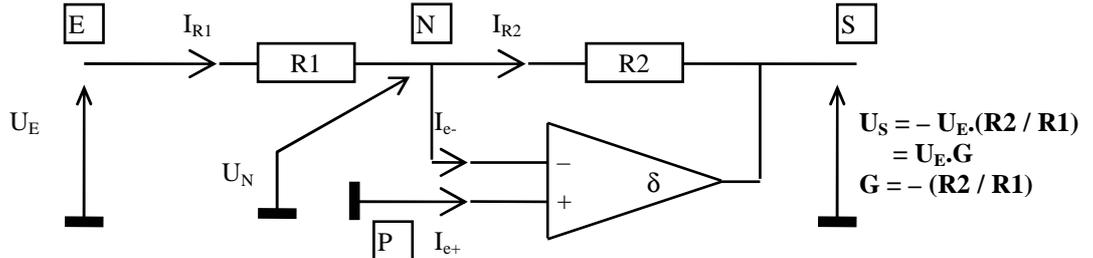
8) AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS et CIRCUITS LOGIQUES

8.1) Les Amplificateurs Opérationnels, ou "Ampli Op", sont des amplificateurs linéaires et se représentent sous forme de triangle dont la pointe est la sortie. Ce sont des circuits intégrés où, souvent, deux ou plusieurs amplificateurs opérationnels cohabitent dans le même composant. Un amplificateur opérationnel possède deux entrées : une normale (+) et une inverseuse (-) et une sortie différentielle (δ , lettre grecque delta minuscule signifiant « écart » en mathématique) reliée, selon la tension présente sur les entrées, à une tension positive (Alim +) ou négative (Alim -).



Les amplificateurs opérationnels ont une **impédance d'entrée infinie** (plus de 1 M Ω) : il n'y a pas de courant dans les entrées. L'impédance de sortie, théoriquement nulle, est très faible (moins de 100 Ω). Le **gain en tension** (noté G) **est infini** : la moindre différence de potentiel entre les deux entrées fait basculer la tension de sortie vers la valeur + ou - de l'alimentation. Si la tension présente sur l'entrée - est inférieure à la tension présente sur l'entrée +, la sortie sera au reliée à Alim +. Dans le cas contraire, la sortie sera reliée à Alim -.

8.2) Le montage fondamental est représenté ci-dessous. Le signal est appliqué à l'entrée inverseuse. Le montage fait appel à une contre-réaction grâce à la résistance R2. La tension au point N est stabilisé par rapport à la tension au point P. L'alimentation du circuit n'est pas représentée, comme c'est souvent le cas dans les schémas.

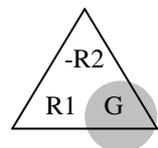
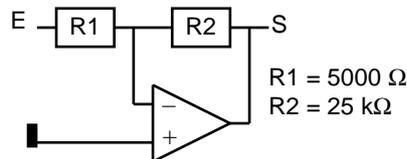


Lorsque la tension du signal d'entrée U_E est positive, la tension U_N est aussi positive et est supérieure à U_P ($= 0$ V). U_N étant appliqué à l'entrée négative de l'amplificateur opérationnel, la sortie sera reliée au - de l'alimentation. Cette tension négative en S va, par la contre-réaction de R2, diminué la tension en U_N et lorsque U_N atteindra une valeur inférieure à U_P , la sortie basculera vers le + de l'alimentation du circuit, ce qui, par la contre-réaction de R2, fera augmenter U_N . Le système se stabilisera autour de la tension U_P avec $U_P = U_N = 0$ V (masse ou tension de référence). Ce montage ne fonctionne que si l'amplificateur opérationnel est alimenté en + et en - (par exemple en +5 V et en -5 V).

Dans la résistance d'entrée R1, située entre E et N, on a $I_{R1} = U_E / R1$ puisque $U_N = 0$. L'impédance d'entrée de l'amplificateur opérationnel est infinie ($I_{e-} = 0$), donc $I_{R1} = I_{R2}$. La sortie S du montage sera à la tension $U_{R2} = U_E.(- R2 / R1) = U_S$. Le gain en tension est donc négatif et est égal à : $G = - (R2 / R1)$. Il n'y a pas de gain en intensité ($I_E = I_{R1} = I_{R2} = I_S$). On pourra aussi utiliser les triangles ci-dessous comme pour la loi d'Ohm. Cependant, il faut faire attention au signe négatif de la résistance R2 (contre-réaction) dans le premier triangle.

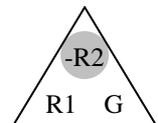
Exemple 1 : Quel est le gain de ce montage ?

Réponse : gain = $- R2 / R1$
 $= - 25k / 5000$
 $= - 25000 / 5000$
 $= - 5$



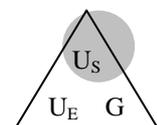
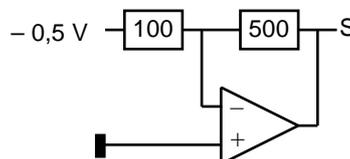
Exemple 2 : Un amplificateur opérationnel est monté en inverseur. Le gain du montage est de -3 avec une résistance à l'entrée (R1) de 10 000 ohms. Quelle est la valeur de la résistance de contre-réaction (R2) ?

Réponse : $R2 = - (G \times R1) = - [(-3) \times 10\ 000] = 3 \times 10\ 000 = 30\ k\Omega$

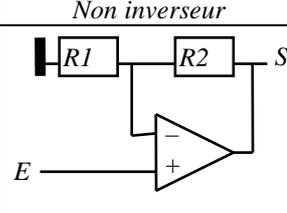
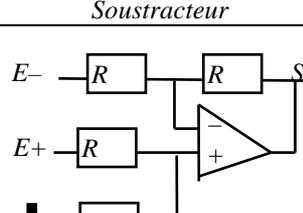
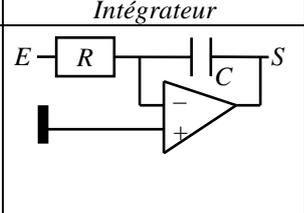
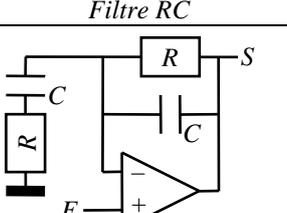


Exemple 3 : quelle est la tension de sortie ?

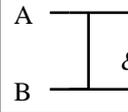
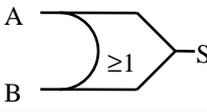
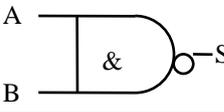
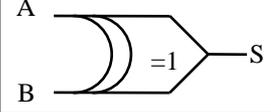
Réponse : gain = $- R2 / R1 = - 500 / 100 = - 5$
Tension de sortie = tension d'entrée x gain
 $= - 0,5\ V \times (-5) = + 2,5\ V$
ou $U_S = - U_E \times (R2 / R1)$
 $= - [(-0,5\ V) \times (500 / 100)] = + 2,5\ V$



8.3) Autres montages : quelques exemples ci-dessous mais seul le montage du § 8.2 est au programme de l'examen. Quelques questions recensées sur le montage non inverseur dont le gain est $+(R2 / R1) + 1$.

Non inverseur	Soustracteur	Intégrateur	Filtre RC
 <p>$G = (R2 / R1) + 1$ $U_S = U_E \cdot G$</p>	 <p>$G = -1$ car R est constant $U_S = (U_{E+}) - (U_{E-})$</p>	 <p>$t(s) = R(\Omega) \cdot C(F)$ Au bout de $5t$, le condensateur C est chargé : $U_S = U_E$</p>	 <p>Filtre de bande 2 cellules (12 dB/octave) $F(Hz) = 1/[2\pi R(\Omega) \cdot C(F)]$</p>

8.4) Circuits logiques : les portes ET, OU, NON ET, et OU EXCLUSIF sont des circuits logiques. Ces circuits sont omniprésents dans les transceivers modernes car ils contrôlent les logiques de commandes et d'affichage. La logique de ces circuits et de leurs combinaisons fait appel à l'**algèbre de Boole**. A l'examen, aucune question sur ces circuits n'a été recensée bien que les « circuits numériques simples » soient au programme.

Circuits	ET (AND ou &)	OU (OR ou ≥ 1)	NON ET (Nand)	OU Ex (EXOR ou =1)		
Schéma						
Table de vérité	A	B	Sortie	Sortie	Sortie	Sortie
	1	1	1	1	0	0
	1	0	0	1	1	1
	0	1	0	1	1	1
	0	0	0	0	1	0

Les circuits logiques sont des opérateurs binaires : ils ne connaissent que deux positions : 0 ou 1. Les **niveaux logiques** sont à 1 pour une certaine tension proche de 5 V et à 0 pour 0 V (logique TTL).

La sortie d'une **porte ET** (bord gauche droit et bord droit arrondi ou simplement notée &) est à 1 quand les deux entrées A et B sont à 1. La logique de cette porte correspond à la multiplication en algèbre booléenne.

La sortie d'une **porte OU** (bord gauche arrondi et bout pointu ou simplement notée ≥ 1) est à 1 si une entrée est au niveau 1. La logique de cette porte correspond à l'addition en algèbre booléenne.

Une **porte NON** (différenciée par un rond sur la sortie) a sa logique inversée. Toute position à 1 est transformée en position à 0 et inversement. La logique de la porte d'entrée peut être également inversée si un rond se trouve devant celle-ci. La logique de cette porte correspond au complément en algèbre booléenne.

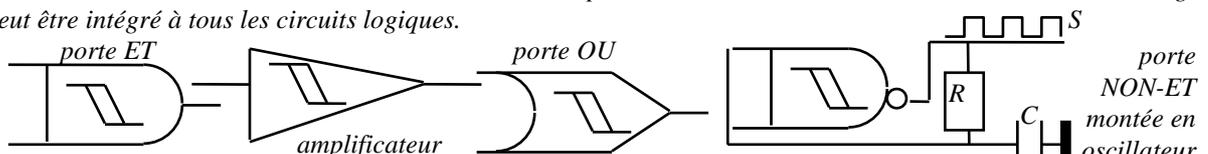
La sortie d'une **porte OU EXCLUSIF** (bord gauche double arrondi et bout pointu ou simplement noté =1) est à 1 si une et une seule entrée est à 1.

Les circuits logiques peuvent avoir plus de 2 entrées. La logique reste la même mais il faut relier les entrées non utilisées au 0 ou au 1 selon la logique que l'on veut obtenir en sortie. Comme pour les amplificateurs opérationnels, plusieurs circuits logiques ayant une alimentation commune cohabitent dans le même boîtier.

Les tables de vérités peuvent aussi se présenter sous forme de tableau cartésien (tableau à double entrée). Dans ce cas, les valeurs des entrées se trouvent en haut et à gauche du tableau. La valeur de la cellule au croisement de deux entrées est la valeur de la sortie. La table de vérité ci-contre est celle d'une porte Non Ou (Nor en anglais).

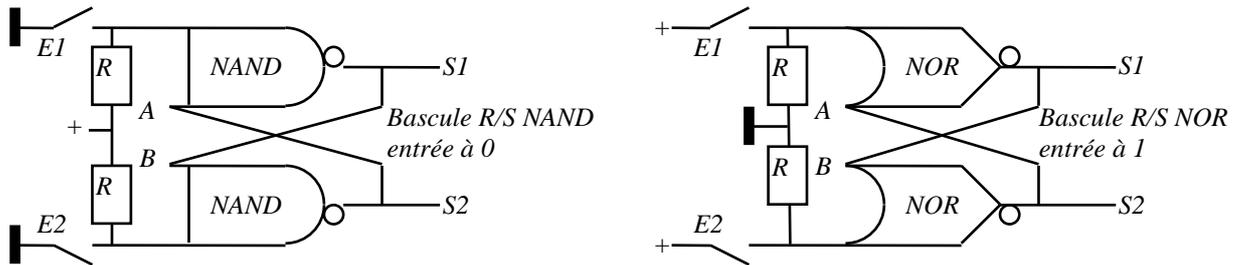
Entrée B	Entrée A	
	1	0
	0	1
1	0	0
0	0	1

La logique TTL fonctionne avec des tensions 0 V et 5 V. Mais lorsque la tension n'atteint pas ces valeurs extrêmes ou lorsque la tension passe de 0 à 5 V (ou l'inverse), le circuit logique auto-oscille. L'endroit, mal défini, entre le 0 et le 1 est dû à l'**hystérésis**. Le trigger de Schmitt est conçu spécialement pour éviter ce problème : la tension de transition de l'état 0 à 1 est supérieure à la tension de transition de 1 à 0. Ce montage peut être intégré à tous les circuits logiques.



Du fait de leur instabilité, les triggers de Schmitt peuvent être montés en oscillateurs (générateurs de signaux carrés) grâce à un condensateur (C) contrôlé par une résistance (R) en contre-réaction.

Les montages ci-dessous (appelés bascules R/S : R = Reset = Remise à Zéro ; S = Set = Mettre à 1) permettent de garder en mémoire la valeur présente sur E1 ou sur E2. Ces circuits de mémoire, très gourmands en énergie, sont remplacés par un circuit comprenant un condensateur couplé à un transistor FET qui permet de récupérer ou de modifier la tension présente sur le condensateur.



Bascule R/S NAND : seul l'interrupteur E1 est fermé donc E1 est à 0, A est à 0 par hypothèse, S1 est à 1 (sortie inverseuse), E2 est à 1 (grâce à R), B aussi (=S1); S2 est à 0 (sortie inverseuse), A est donc bien à 0 et S1 reste à 1 (même si E1 n'est plus à 0). En supposant que A est à 1, E1 étant à 0, S1 est toujours à 1, donc la valeur initiale en A n'a aucune influence sur le système. La bascule s'inverse si E2 passe à 0 (S2 passe à 1 et S1 à 0)

Bascule R/S NOR : seul l'interrupteur E1 est fermé donc E1 est à 1, A est à 1 par hypothèse, S1 est à 0 (sortie inverseuse), E2 est à 0 (grâce à R), B aussi (=S1); S2 est à 1 (sortie inverseuse), A est donc bien à 1 et S1 reste à 0 (même si E1 n'est plus à 1). La bascule s'inverse si E2 passe à 1 (S2 passe à 0 et S1 à 1).

8.5) Le système binaire. Aucune question de l'examen ne porte sur ce paragraphe. Les bits (Binary digiT, chiffre binaire en anglais) 1 et 0 correspondent à la présence ou à l'absence de tension. En système décimal (base 10), 10 symboles (0 à 9) sont disponibles. Pour coder un nombre supérieur à 9, on utilise les dizaines puis les centaines. En binaire, n'ayant que deux valeurs pour exprimer un nombre, nous sommes contraints de compter en base 2 : après 0, on a 1, puis on a 10, puis 11, puis 100, etc.

Pour transformer un nombre dont la valeur est exprimée en système binaire en un nombre exprimé en système décimal, le tableau ci-contre est utilisé en additionnant les puissances de 2 correspondant aux valeurs à 1 du nombre en binaire. Ce tableau s'arrête à 2^8 mais il n'y a, bien entendu, pas de limite.

2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
256	128	64	32	16	8	4	2	1
binaire	1	0	0	1	1	1	0	
équivalent	64	0	0	8	4	2	0	

Exemple : soit 1001110 en base 2. Quelle est la valeur en base 10 ?

Réponse : la valeur binaire est positionnée en 3^{ème} ligne du tableau et les valeurs équivalentes en base 10 de la 2^{ème} ligne sont additionnées quand la valeur binaire est égale à 1 (4^{ème} ligne), soit : $64 + 8 + 4 + 2 = 78$

La méthode du reste de la division par 2 transforme un nombre exprimé en système décimal en un nombre du système binaire : le nombre décimal (à droite) est divisé successivement par 2 en retenant pour le nombre binaire le reste de chaque division.

décimal	1	2	4	9	19	39	78
÷ 2	0	1	2	4	9	19	39
reste	1	0	0	1	1	1	0

Exemple : soit 78 en base 10. Quelle est la valeur en base 2 ?

Réponse : la valeur en base 10, à droite, est divisée par 2 ($78 \div 2 = 39$, reste = 0) puis le résultat est de nouveau divisé par 2 ($39 \div 2 = 19$, reste = 1), etc. A la fin, les restes expriment le nombre en binaire, soit 1001110.

Utiliser des nombres en système binaire est lourd. Aussi, un système de codage sur 8 bits formant un octet est utilisé en informatique. 1 ko (kilo-octet) comporte 1024 ($=2^{10}$) octets et 1 Mo (mégaoctet) comporte 1024 ko. Chaque octet est composé de 2 demi-octets codés en hexadécimal (base 16). Les valeurs 10 à 15, inconnues dans le système décimal, sont codées A à F selon la table ci-dessous.

Décimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Binaire	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Hexadécimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

En système hexadécimal, après 89, on a 8A ; après 8F, on a 90 ; après 9F, on a A0 et après FF, on a 100. Ainsi 78 en décimal est 1001110 en binaire (soit en octet : 0100 1110) et 4E en hexadécimal puisque 100 en binaire est 4 et que la valeur binaire 1110 (soit 14) est codée E. Pour éviter toutes confusions, l'initiale du système (binaire, décimal ou hexadécimal) où le nombre est codé est indiqué après les chiffres : $78d = 4Eh = 1001110b$

Pour coder du texte, on utilise les tables ASCII où chaque caractère (lettre majuscule ou minuscule ou accentuée, chiffre, signe de ponctuation ou symbole) porte un code en hexadécimal. Par exemple, l'espace est codé 20h et 4Eh permet de coder la lettre N. Mais ce code est limité à 256 possibilités (00 à FF)

Transmettre des données impose de vérifier que tous les bits ont été reçus correctement. Un bit corrompu rend les données inexploitables. Le système de correction (CRC, contrôle de redondance cyclique) demandera dans une liaison bilatérale la retransmission des données défectueuses (ARQ) ou, lorsque plusieurs stations reçoivent les données, ajoutera des bits de contrôle permettant la correction automatique des erreurs (FEC).

Section C : Radioélectricité

9) PROPAGATION et ANTENNES

9.1) Relation longueur d'onde/fréquence :

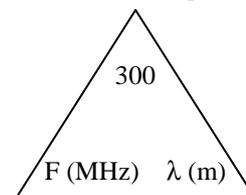
La longueur d'onde, d'une manière générale, se définit par les deux relations suivantes :

$$\lambda(m) = v(m/s) / F(Hz) \quad \text{et} \quad \lambda(m) = v(m/s) \times t(s).$$

La longueur d'onde, notée λ (lettre grecque lambda minuscule), est la distance (en mètres) entre deux points identiques d'une onde (période) dans son milieu de propagation ; v est la vélocité de l'onde (en m/s), c'est-à-dire la vitesse de propagation de l'onde ; F est la fréquence (en Hz) et t est le temps que dure la période (en s). La longueur d'onde est directement fonction de la vélocité de l'onde dans son milieu de propagation.

Les ondes radioélectriques se propagent dans le vide et dans l'air à la vitesse de la lumière (299.792.458 m/s, arrondi à 300.000 km/s), on a la relation : $\lambda(m) = 300.000.000 / F(Hz)$ ou $\lambda(m).F(Hz) = 300.000.000$ m/s. Les formules ci-dessous sont le plus souvent utilisées avec le multiple MHz pour la fréquence et le mètre pour la longueur d'onde.

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



Exemple 1 : Quelle est la longueur d'onde d'une fréquence de 14,1 MHz?

Réponse : $L(m) = 300 / 14,1 = 21,27$ m

Exemple 2 : Quelle est la fréquence dont la longueur d'onde est de 3 cm ?

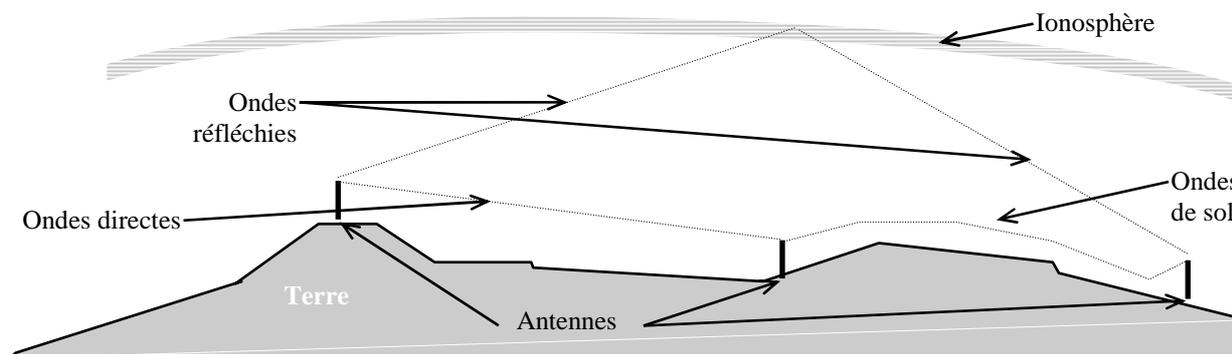
Réponse : 3 cm = 0,03 m ; $F(\text{MHz}) = 300 / 0,03 = 10\,000$ MHz = 10 GHz

Lorsque les stations sont en mouvement l'une par rapport à l'autre, la vitesse de propagation est modifiée : si les stations se rapprochent très rapidement (trafic via satellite), la vélocité diminue, ce qui augmente artificiellement la fréquence de réception (effet Doppler). Et inversement lorsque les stations s'éloignent.

9.2) Propagation :

Les ondes radioélectriques (ou ondes hertziennes, du nom de Heinrich Hertz qui les mit en évidence à la fin du XIX^{ème} siècle) sont des champs électromagnétiques qui se propagent dans l'air ou le vide de la même manière que l'onde formée par un caillou jeté au milieu d'une mare : des ronds concentriques se déplacent à partir du centre. Lorsque l'onde atteint un bord de la mare, l'onde se réfléchit et repart selon l'angle avec lequel elle a heurté le bord. Si on voit nettement l'onde se déplacer, l'eau, en revanche, ne se déplace pas. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer une feuille flottant sur l'eau qui va être ballottée au passage de l'onde créée par le caillou jeté mais qui ne sera pas emportée par l'onde.

Les ondes radioélectriques peuvent se propager de différentes façons : en **ondes directes**, les antennes sont en vue l'une et l'autre ; en **ondes de sol**, les ondes suivent le relief terrestre ; en **ondes réfléchies**, les ondes rebondissent sur les hautes couches de l'atmosphère, fortement ionisées (ionosphère, couches E et F) par le rayonnement solaire, redescendent sur la terre, d'où elles sont une nouvelle fois renvoyées dans l'espace. Un bond ne peut dépasser 4.000 km du fait de la courbure de la terre et de l'altitude de réflexion.



Bandes de fréquences	Longueurs d'onde	Ondes	Gamme	Mode de propagation
en dessous de 30 kHz	> 10 km	Myriamétriques	TGO / VLF	<u>Sol</u>
30 kHz - 300 kHz	10 km - 1.000 m	Kilométriques	GO / LF	<u>Sol</u>
300 kHz - 3 MHz	1.000 m - 100 m	Hectométriques	PO / MF	Sol ; <u>Réfléchies</u>
3 MHz - 30 MHz	100 m - 10 m	Décamétriques	OC / HF	<u>Réfléchies</u>
30 MHz - 300 MHz	10 m - 1 m	Métriques	THF / VHF	Réfléchies ; <u>Directes</u>
300 MHz - 3 GHz	1 m - 10 cm	Décimétriques	UHF / UHF	<u>Directes</u>
3 GHz - 30 GHz	10 cm - 1 cm	Centimétriques	SHF / SHF	<u>Directes</u>
30 GHz - 300 GHz	1 cm - 1 mm	Millimétriques	EHF / EHF	<u>Directes</u>
au dessus de 300 GHz	< 1 mm	Submillimétriques	non géré par l'UIT	Propagation photonique

Dans le tableau ci-dessus, pour chacune des bandes de fréquences, les limites de longueur d'onde sont indiquées ainsi que la dénomination de ces ondes, les abrégés des gammes d'ondes sont données en français puis en anglais et le mode de propagation principal de la gamme de fréquence est souligné.

λ (m)	mam	km	hm	dam	m	dm	cm	mm	10^{-4}	10^{-5}	μm	10^{-7}	10^{-8}	nm	10^{-10}	10^{-11}	pm	10^{-13}
Fréq. (Hz)	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}	10^{11}	10^{12}	10^{13}	10^{14}	10^{15}	10^{16}	10^{17}	10^{18}	10^{19}	10^{20}	10^{21}
Gammes	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF	Infrarouges		spectre visible		UV	Rayons X		Rayons γ		
	radiofréquences gérées par l'UIT (de 9 kHz à 275 GHz)								fréquences optiques			rayonnements ionisants			Rayons cosmiques			
Propagation par ondes	de sol		réfléchies			directes			photoniques									

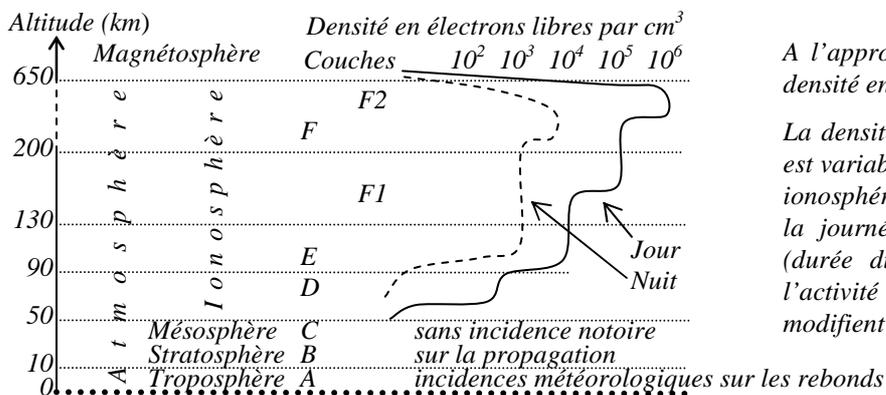
9.3) La propagation en ondes réfléchies (ou ondes d'espace) : la ionosphère est la zone la plus élevée de

l'atmosphère terrestre. Elle se situe entre 50 et 650 km d'altitude. Sous l'influence du rayonnement UV du soleil, les gaz ionisés et les électrons libres qui forment le plasma sont très abondants dans cette zone. Ils influent sur les caractéristiques de propagation des ondes électromagnétiques. La densité du plasma augmente en fonction de l'altitude par paliers successifs, ce qui permet de diviser la ionosphère en 3 régions (ou couches) : D (50 à 90 km), E (90 à 130 km) et F (130 à 650 km). A l'approche de la magnétosphère, la densité du plasma diminue.

La région D doit être traversée par les ondes pour atteindre les couches E et F et disparaît dès la tombée de la nuit. La densité du plasma (100 électrons par cm^3) dans cette zone n'est pas suffisante pour réfléchir les ondes vers la terre. Au contraire, elle atténue les signaux qui la traversent. Pour minimiser cette atténuation, en particulier sur les bandes basses, on utilise des antennes ayant un angle de radiation faible (on vise l'horizon).

La ionisation de la région E est faible en milieu de journée et très faible la nuit. Toutefois, dans des conditions particulières liées à la présence d'ions métalliques, cette couche (appelée alors E sporadique) peut être plus fortement ionisée (jusqu'à 100.000 électrons libres par cm^3). Dans ce cas, une seule réflexion est possible sauf lorsque cette ionisation est suffisamment répartie, ce qui est rare et impossible à prévoir.

La région la plus haute de la ionosphère, la couche F, possède la densité d'électrons la plus élevée et elle est prépondérante pour propager les ondes H.F. à longue distance. La partie basse de la région F (entre 130 à 200 km d'altitude) est appelée zone F1 tandis que le reste est appelé F2. L'altitude de cette dernière couche est variable (jusqu'à 650 km) ; sa densité en électrons libres est la plus forte (jusqu'à 1 million d'électrons par cm^3 dans la journée) et est responsable des "bonnes conditions de propagation". Des réflexions multiples sur cette couche permettent de "faire le tour de la terre" en faisant plusieurs "bonds". Pendant la nuit, les couches F1 et F2 fusionnent en une seule couche F vers 250 km d'altitude.



A l'approche de la magnétosphère, la densité en électrons libres diminue.

La densité en électrons libres par cm^3 , est variable selon l'altitude des couches ionosphériques et selon la période de la journée (jour ou nuit). La saison (durée du jour), l'activité solaire et l'activité magnétique terrestre modifient sensiblement ces densités.

Un circuit est le parcours de l'onde d'un point à un autre. Les conditions de propagation varient tout au long de ce parcours. Le lieu de réflexion de l'onde sur la Terre est primordial : l'atténuation est minimale sur la mer (0,3 dB) mais devient critique sur terre (7 dB sur un champ, plus de 10 dB en zone urbaine). Les conditions météorologiques du lieu de réflexion sur la Terre ont une incidence non négligeable sur la propagation.

Plus la fréquence croît et plus l'angle de radiation à partir de l'antenne est élevé, plus l'onde a de chances de traverser les couches sans être réfléchi, elle se perd alors dans l'espace. La fréquence maximum utilisable (FMU) est la fréquence pour laquelle une onde sera propagée d'un point à l'autre de la terre par réflexion sur les couches E ou F avec l'angle de départ le plus proche de l'horizon.

Les signaux se dirigeant vers les couches F doivent traverser la couche D, dont l'absorption augmente quand la fréquence diminue. Mais la couche E est aussi capable de réfléchir les ondes radio. Si la FMU de la couche E est trop haute, les signaux vers ou venant de la couche F seront stoppés. La limite plancher de la fréquence utilisable est appelée Fréquence Minimum Utilisable (LUF) pour la couche D et Fréquence de coupure de la

couche E (ECOF). On doit donc utiliser pour un circuit une fréquence comprise entre d'une part la FMU et d'autre part la plus élevée des deux fréquences suivantes : ECOF (limites de la réfraction ionosphérique) ou LUF (atténuation maximale tolérable). Mais il se peut, à certaines heures de la journée, que ECOF ou LUF soit supérieure à FMU. La liaison, dans ce cas, a peu de chances d'être réalisable.

Les calculs de prévision de propagation (détermination de FMU, LUF et ECOF) tiennent compte de l'activité solaire et sont donnés pour une date et une heure (éclairage de la Terre par le Soleil). Ces calculs sont basés sur une puissance de 100 W dans un dipôle. La fréquence optimum de travail (FOT) correspond à 80% de la FMU.

En règle générale, sur les bandes décamétriques, un contact avec un parcours de jour est plus facilement réalisable sur une bande qu'un contact avec un parcours de nuit sur cette même bande. Ceci implique, pour les européens, que les contacts lointains vers l'Est (Asie) se font de préférence le matin et les contacts vers l'Ouest (Amériques) se font plus facilement en fin de journée, le soleil éclairant la fin du parcours de l'onde. De plus, les bandes basses restent plus longtemps « ouvertes » que les bandes hautes une fois que le soleil ne les ionise plus.

L'activité solaire a un cycle d'une durée moyenne de 11 ans. Les cycles sont numérotés depuis 1761 et le cycle suivant commence lors du minimum d'activité. Le cycle en cours (cycle 23) a connu son maximum en 2001 et devrait se terminer vers fin 2007. L'activité solaire est mesurée par deux indices fortement corrélés, Fs et R. Fs (ou ϕ , lettre grecque minuscule phi) est le flux solaire et est mesuré par le bruit solaire sur 2,8 GHz en W/Hz/m². Fs a une valeur comprise entre 60 et 300. L'indice R (ou nombre de Wolf) exprime le nombre relatif de taches solaires observées (les taches les plus grosses ont une valeur plus forte). IR5 est la moyenne des indices R des cinq derniers mois. IR5 a une valeur comprise entre 0 et 200. Plus les indices Fs et R sont élevés, plus forte est l'activité solaire.

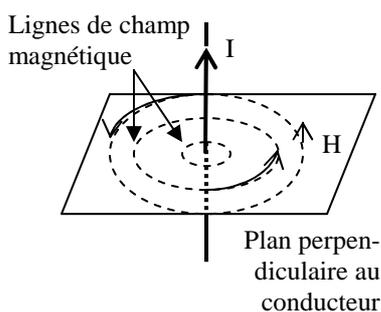
L'activité magnétique terrestre influe sur la propagation car la magnétosphère est voisine de l'ionosphère. Cette activité est mesurée par les indices K et A. L'indice K (de 0 à 9) est fonction de l'intensité du champ magnétique (mesuré en nT, nanoteslas) pour une latitude donnée. L'indice A reflète l'activité géomagnétique issue des gaz ionisés chauds et magnétisés amenés par le vent solaire. Une partie de cette énergie réussit à pénétrer sans collision dans la magnétosphère créant des orages géomagnétiques voire des aurores boréales dans des latitudes basses lorsque l'activité est importante.

Les ondes de sol, appelées aussi ondes de surface, se propagent en restant très près de la surface de la Terre. Elles y subissent très vite une forte absorption et ce, d'autant plus que leur fréquence est élevée. Bien entendu, le profil du relief entre l'antenne d'émission et celle de réception est déterminant. Dans les bandes LF et VLF (300 kHz et en dessous), les ondes se propagent à l'intérieur d'un guide d'ondes dont l'une des parois est la surface terrestre et l'autre paroi est la couche D de l'ionosphère. Les espérances de distances de propagation en fonction de la fréquence sont les suivantes : 300 kHz : 2.000 km ; 4 MHz : 100 km ; 10 MHz : 50 km. Mais la conductivité du sol a aussi une grande importance. Ainsi, pour un trajet maritime pour lequel la conductivité de la mer est très élevée, il est possible, à 2 MHz, d'obtenir une portée supérieure à 500 kilomètres. On voit le peu d'efficacité de l'onde de sol sur les fréquences décamétriques et au delà.

En ondes directes, les antennes sont en vue l'une de l'autre. Toutefois, pour les fréquences les plus basses (ondes métriques et décimétriques), il se produit un phénomène de diffraction qui permet à l'onde de suivre le relief terrestre, comme le font les ondes de sol, mais à un moindre degré : l'obstacle que forme une montagne par exemple rendra un contact hasardeux.

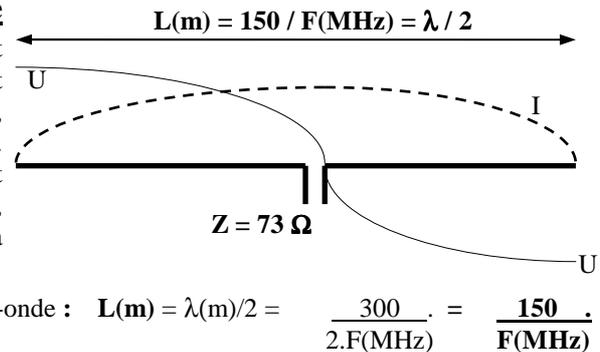
D'autres modes de propagation existent mais sont peu utilisés par les radioamateurs car très peu fiables ou nécessitant des puissances élevées. Ce sont, entre autres, les diffusions troposphériques, les « Duct » (sorte de guide d'ondes), les réflexions sur les traînées ionisées de météorites, sur la Lune (Moon Bounce), sur les nuages de pluie (rain scattering) ou lors des aurores boréales. Ces modes sont utilisés essentiellement en VHF et UHF.

9.4) Une antenne est un dispositif assurant la liaison entre le milieu de propagation (l'espace libre) où les ondes sont des champs électromagnétiques et une structure dans laquelle les ondes circulent sous forme de courant électrique (en général, la ligne de transmission). Une antenne est un dispositif passif, donc réciproque : ses caractéristiques (gain, directivité, impédance) en émission et en réception sont identiques.



Lorsqu'un courant continu (noté I) circule dans un conducteur, une excitation magnétique (champ magnétique noté H) apparaît. Ce champ est perpendiculaire au conducteur et est tangent aux lignes de force du champ qui entourent le fil (règle du tire-bouchon de Maxwell). Ce champ magnétique et son sens seront mesurés grâce à un aimant ou une boussole (expérience de Oersted). Lorsque le courant devient alternatif, les lignes du champ magnétique changent de sens au rythme du courant. Le conducteur rayonne un champ magnétique alternatif mais aussi un champ électrique alternatif parallèle au conducteur et de même sens que le courant qui l'a produit. Ce champ électromagnétique, même s'il est faible, peut être détecté très loin, contrairement au champ magnétique du courant continu.

L'antenne de base est l'antenne **doublet demi-onde alimentée au centre** (appelée aussi **dipôle**). Elle est constituée de **deux brins quart d'onde** généralement alignés. A chaque extrémité du doublet demi-onde, l'intensité est nulle tandis que la tension est maximum. En revanche, au centre du doublet, l'intensité est maximum et la tension est au plus faible. A cet endroit, l'impédance (rapport U/I) est donc faible. De plus, la tension est déphasée de 90° par rapport à l'intensité.



Longueur théorique du doublet demi-onde : $L(m) = \lambda(m)/2 = \frac{300}{2 \cdot F(\text{MHz})} = \frac{150}{F(\text{MHz})}$

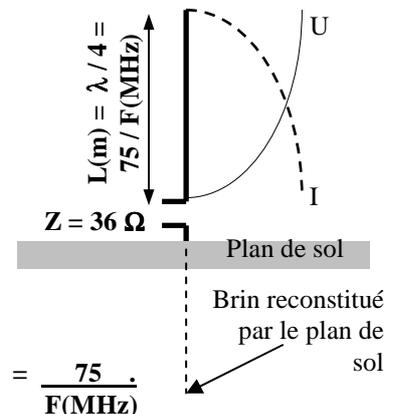
Exemple : quelle est la longueur d'un doublet accordé sur 3,6 MHz ?

Réponse : $L(m) = 150 / 3,6 = 41,66 \text{ m}$

La longueur totale d'un doublet dépend du matériau utilisé et du rapport diamètre/longueur du brin rayonnant. Les capacités de l'antenne par rapport au sol ont aussi une influence sur la longueur totale du doublet. En pratique, les brins auront une longueur 5% plus courte que la dimension théorique.

L'impédance au centre du doublet varie en fonction de l'angle que forment les brins : s'ils sont alignés (angle de 180°), l'impédance est de 73 Ω; s'ils forment un angle de 120°, l'impédance est de 52 Ω; D'autres facteurs influent sur l'impédance, comme le sol (proximité et qualité) ou l'environnement immédiat de l'antenne (bâtiment, arbres,...)

9.5) L'antenne quart d'onde verticale : L'antenne verticale (appelée aussi Ground Plane, GP) nécessite un **plan de sol** ou une **masse** (un piquet de terre ou la carrosserie d'un véhicule) afin de reconstituer électriquement le deuxième brin de l'antenne. Le plan de sol remplace la masse et est constitué de **radiants** disposés à la base de l'antenne. La longueur des radiants est souvent de $\lambda/4$, leur nombre est d'au moins 3 pour reconstituer efficacement la terre. Si le plan de sol ou la masse est perpendiculaire au quart d'onde, formant ainsi un angle de 90°, l'impédance de l'antenne est de 36 Ω (voir ci-dessus l'impédance du doublet). Si les radiants forment un angle de 120° par rapport au fouet (le quart d'onde), l'impédance au point d'alimentation devient 52 Ω.



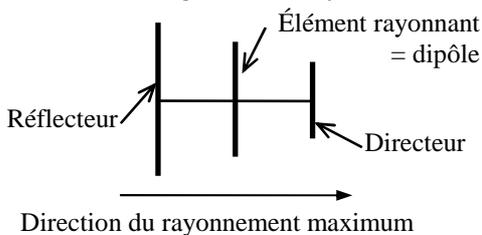
La longueur théorique du brin quart d'onde est : $L(m) = \lambda(m)/4 = \frac{300}{4 \cdot F(\text{MHz})} = \frac{75}{F(\text{MHz})}$

Exemple : quelle est la longueur d'un quart d'onde accordé sur 21,2 MHz?

Réponse : $L(m) = 75 / 21,2 = 3,54 \text{ m}$

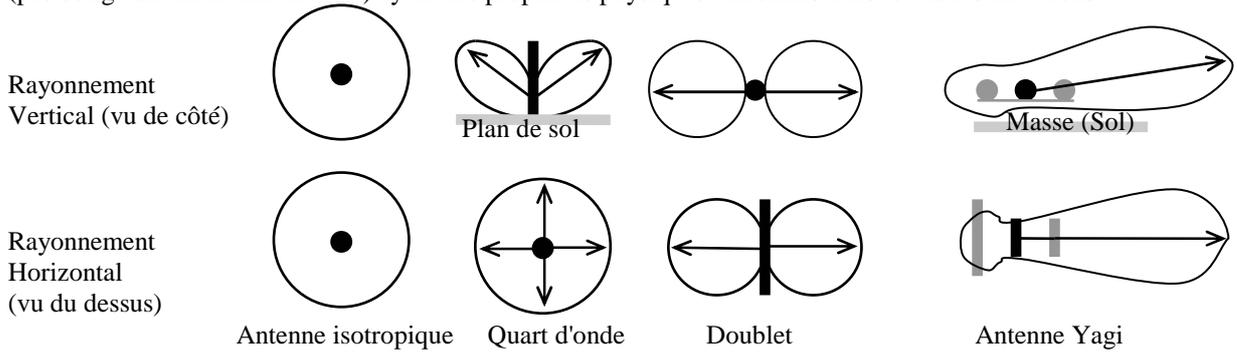
En pratique, comme pour le doublet, le brin aura une longueur 5% plus courte que la dimension théorique. Un brin beaucoup plus court que le quart d'onde peut être utilisé, il faut dans ce cas rallonger artificiellement l'antenne grâce à un bobinage positionné habituellement à la base du brin ou au milieu de celui-ci. Un conducteur fixé au sommet (capacité terminale) peut aussi être utilisé. Le quart d'onde ainsi raccourci aura une impédance plus faible à sa résonance.

9.6) Antenne Yagi ou Beam : l'antenne doublet demi-onde 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 parasites près du dipôle, plusieurs lobes apparaissent dans le diagramme. Selon la position de ces éléments, un lobe principal est créé, ce qui concentre l'énergie dans une direction. Les **éléments directeurs** sont plus courts que le dipôle, les **éléments réflecteurs** sont plus longs. Lorsque le nombre d'éléments augmente sur ce type d'antenne, l'impédance du dipôle diminue et le gain de l'antenne (son effet directif) augmente. Le gain obtenu par ce système dépend à la fois du nombre d'éléments et de l'écartement entre les éléments.



9.7) 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 (dB_d) ou encore par rapport à l'**antenne isotropique** (dB_{iso}). Celle-ci est une antenne

idéale : un point qui rayonne et dont le diagramme de rayonnement est une sphère. Isotropique qualifie un corps (pas obligatoirement une antenne) ayant des propriétés physiques uniformes dans toutes les directions.



Les lobes de rayonnement se dessinent 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, le plan de sol, les éléments parasites et la masse sont représentés en gris.

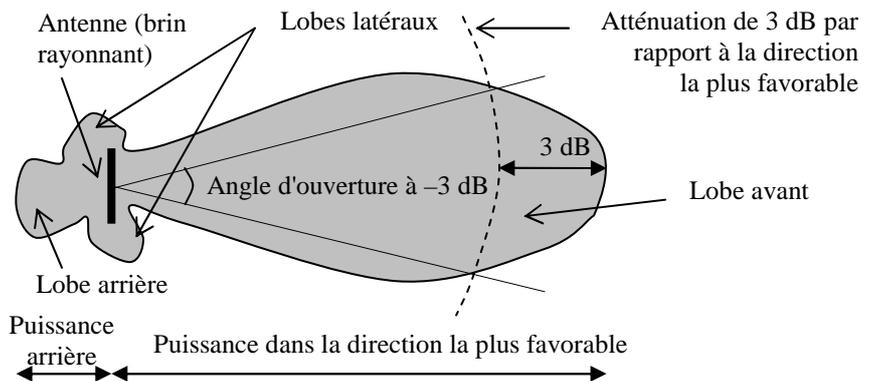
Les diagrammes sont issus de mesures du rayonnement de l'antenne. Cette mesure ne doit pas être effectuée dans la zone de champ proche (zone de Rayleigh, à moins d'une demi longueur d'onde) ni dans la zone où le champ électromagnétique se forme (zone de Fresnel, jusqu'à quelques kilomètres selon la fréquence). Même si deux antennes sont en vue directe l'une de l'autre, un obstacle situé dans la zone de Fresnel apportera une atténuation car les ondes radio rebondissent sur l'obstacle et reviennent sur l'antenne diffractées ou courbées.

9.8) La puissance apparente rayonnée (P.A.R. ou ERP en anglais) est la puissance d'alimentation de l'antenne multipliée par le rapport arithmétique de celle-ci par rapport au doublet (pas en dB_d). Cette puissance correspond à la puissance qu'il faudrait appliquer à un doublet demi-onde pour avoir la même puissance rayonnée dans la direction la plus favorable de l'antenne. La **puissance isotrope rayonnée équivalente** (PIRE ou EIRP en anglais) prend pour référence l'antenne isotropique. L'antenne doublet a un gain de 2,14 dB par rapport à l'antenne isotrope, soit un rapport de 1,64 ($= 1 + 2/\pi$). On a donc : $PIRE = PAR + 2,14 \text{ dB} = PAR \times 1,64$.

Exemple : quelle est la P.A.R. d'un émetteur de 100 W utilisant une antenne de 13 dB_d ?
Réponse : 13 dB = Rapport arithmétique de 20 (voir § 4.1) ; 100 W x 20 = 2000 W P.A.R., soit 2 kW P.A.R. en supposant des pertes nulles dans le système d'alimentation de l'antenne (coaxial, prises, ...)

9.9) 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°.



Concrètement, pour mesurer l'angle d'ouverture d'une antenne, on se cale en réception sur une station dont on mesure le signal au S-mètre. Puis on fait tourner l'antenne jusqu'à ce que le signal diminue de moitié (1/2 point S-mètre). On note l'angle d'azimut. Puis on fait tourner l'antenne en sens contraire jusqu'à obtenir la même puissance de signal. L'angle d'ouverture est l'écart entre les deux angles d'azimut.

9.10) Compléments sur les antennes :

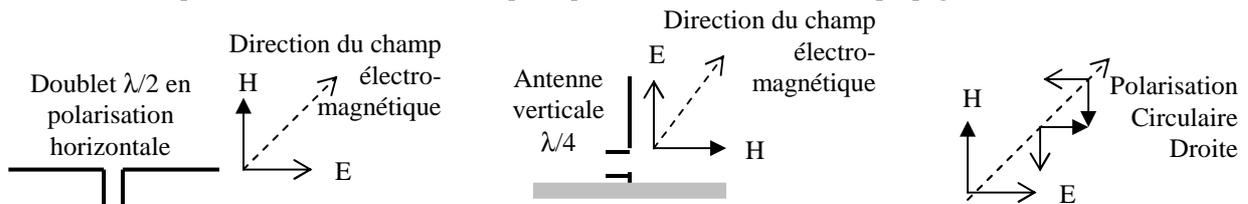
Position des ventres de tension et d'intensité : un ventre est l'endroit de l'antenne où la mesure (tension ou intensité) est maximum ; un nœud est l'endroit de l'antenne où la mesure est la plus faible, voire nulle. A chaque extrémité d'une antenne ouverte (dipôle par exemple), il y a un nœud d'intensité ($I = 0$) car il ne peut y avoir de courant dans un fil qui se termine par un isolant (air ou vide).

Plus exactement, à l'extrémité du brin, le courant fait demi-tour ; ainsi, il y a autant d'intensité dans un sens que dans l'autre, on a donc l'illusion qu'il n'y a pas de courant. Par contre la tension est maximum en ce point (ventre de tension) car en faisant demi-tour, la valeur de la tension ne change pas, les tensions s'additionnent donc.

Du fait de la vitesse de propagation des ondes, tous les quarts d'onde, les valeurs changent. Ainsi en mesurant un quart d'onde électrique (en prenant en compte le coefficient de raccourcissement évoqué aux § 9.4 et 9.5), à partir de l'extrémité du brin, il y a un ventre d'intensité et un nœud de tension. Les tensions et les intensités reprennent les valeurs constatées à l'extrémité du brin toutes les demi-ondes.

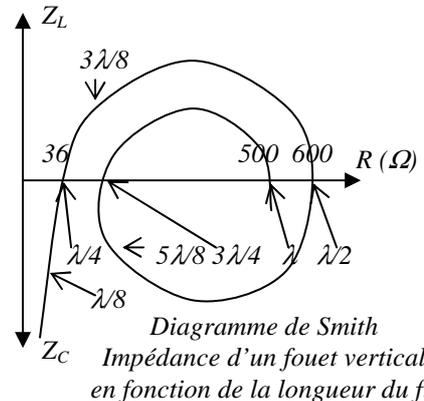
Ventre d'intensité et lobes de rayonnement : à chaque nœud d'intensité correspond un lobe de rayonnement car un lobe est issu du champ électromagnétique composé d'un champ électrique, lui-même issu d'un courant électrique. Un maximum de courant correspond à un maximum de champ électromagnétique rayonné. Selon la forme de l'antenne, les lobes de rayonnement se superposent ou s'annulent, donnant de la directivité à l'antenne.

Polarisations : Les ondes radio sont des champs électromagnétiques composés d'un champ électrique (noté E) et d'un champ magnétique (noté H) qui lui est perpendiculaire. Ces deux champs sont eux-même perpendiculaires à l'axe de direction du champ électromagnétique. Le champ électrique est issu du courant présent dans le brin rayonnant de l'antenne. La direction de ce champ dépend donc de la position du brin rayonnant de l'antenne. Si le brin est vertical, comme dans le cas du quart d'onde, l'onde aura une **polarisation verticale**. Si le brin rayonnant est horizontal, comme dans le cas du doublet demi-onde, la **polarisation** de l'onde est **horizontale**. A la réception, le brin de l'antenne reçoit la composante électrique du champ électromagnétique de l'onde. Certaines configurations d'antennes (antenne hélice, couplage d'antennes croisées) permettent des **polarisations circulaires** (rotation Droite ou Gauche). En polarisation circulaire, lorsqu'on émet en rotation Droite (rotation sens horaire, la plus utilisée), on reçoit en rotation Droite. En VHF et au delà, la polarisation des antennes joue un rôle important dans la faisabilité d'une liaison. La réception en une autre polarisation que l'onde à recevoir peut conduire à des atténuations jusqu'à 20 dB. En décimétrique, la polarisation n'est pas critique car les ondes réfléchies, en rebondissant, voient leur polarisation changer et devenir circulaire ou oblique. Sur les bandes LF et en dessous, la polarisation doit être verticale pour que l'onde soit correctement propagée.



Impédance d'un « long fil » : les valeurs de l'impédance du doublet demi-onde et du quart d'onde ont été vues plus haut. Dans tous les cas, l'impédance de l'élément rayonnant dépend de sa forme et de son environnement.

L'impédance d'un fouet vertical de n'importe quelle longueur peut être estimée grâce au diagramme de Smith (voir ci-contre). La valeur que donne ce diagramme ne tient pas compte de l'environnement : le fouet est éloigné de tout élément perturbateur. Ce diagramme montre qu'un fouet d'une longueur d'une demi-onde aura une impédance de l'ordre de 600 Ω purs (et 500 Ω pour une onde entière). Pour une longueur d'un quart d'onde, l'impédance est de l'ordre de 36 Ω purs et un peu plus élevée pour 3λ/4. Pour une longueur inférieure à λ/4, le fouet a une forte capacitance et une faible résistance. Pour d'autres longueurs, le fouet pourra avoir une forte réactance inductive ou capacitive. De plus, la place des différentes longueurs du fouet sur le diagramme n'est pas linéaire : 3λ/8 est beaucoup plus proche de λ/4 que de λ/2.

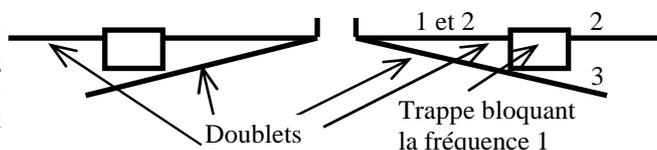


Rendement d'une antenne : comme toute charge, une antenne a un rendement. Celui-ci est le rapport de la puissance émise par l'antenne par rapport à la puissance appliquée à celle-ci. En appliquant la loi d'Ohm, le rendement, exprimé en %, est aussi le rapport obtenu en divisant l'impédance de rayonnement (ce qui est émis par l'antenne) par l'impédance totale de l'antenne (ce qui est vu par la ligne de transmission).

Si une antenne a des pertes importantes (mauvaise qualité du sol, par exemple), elle aura un mauvais rendement même si son impédance totale fait qu'elle ne génère pas d'ondes stationnaires (voir § 10.3). Si un quart d'onde dont le plan de sol est perpendiculaire au brin rayonnant a une impédance de 50 Ω purs (sans réactance), on supposera que l'impédance de rayonnement est de 36 Ω sans réactance (impédance du quart d'onde à la résonance), car mesurer cette impédance est complexe, et que, par différence, les pertes sont de 14 Ω purs, d'où un rendement de $36/50 = 72\%$ puisque la puissance rayonnée et la puissance perdue dans les pertes sont proportionnelles aux impédances (supposées pures, sans réactances). En supprimant ces pertes (en supposant

qu'on les ait identifiées et qu'on puisse y remédier), le ROS sera de 1,4/1, ce qui ne devrait pas perturber l'émetteur et qui correspond à une puissance réfléchiée d'environ 4%, d'où une puissance émise de 96%. Conclusion : une mauvaise adaptation vaut souvent mieux qu'un mauvais rendement. Notez toutefois qu'une différence de puissance de 28% (=100 - 72, soit 1,4 dB) est difficilement perceptible par le correspondant.

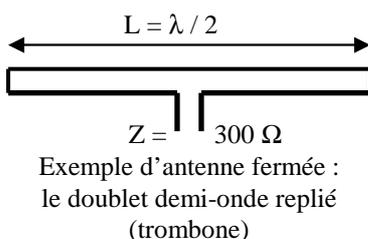
Multi-doublet et doublet avec trappes : une antenne doublet (ou dipôle) ne peut fonctionner que sur une fréquence ; en reliant plusieurs dipôles par leur centre, un multi-doublet est obtenu. Il fonctionne sur autant de fréquences qu'il y a de doublets accordés. Pour éviter de multiplier le nombre de doublets, ce qui nécessite une mise au point délicate, des **trappes** (circuits bouchons) sont utilisées. Elles bloquent les ondes les plus courtes et raccourcissent ou rallongent artificiellement les brins. Ces deux techniques peuvent être combinées comme ci-contre.



Couplages d'antennes : le gain d'une antenne peut être augmenté en la couplant à une autre. Ainsi deux antennes identiques couplées auront un **gain** supplémentaire de 3 dB au maximum par rapport à une seule antenne (la PAR est doublée). Quatre antennes auront un gain de 6 dB au maximum et 8 antennes auront un gain de 9 dB au maximum. On voit qu'en doublant le nombre d'antennes couplées, le gain total n'est augmenté que de 3 dB au maximum. Encore faut-il respecter certaines distances entre les antennes et alimenter celles-ci correctement (en impédance et en phase). Les antennes étant montées en parallèle, l'**impédance** d'un ensemble d'antennes identiques couplées est égale à l'impédance d'une antenne divisée par le nombre d'antennes couplées.

Exemple : quelle est la P.A.R. d'un émetteur de 100 W utilisant 4 antennes couplées de 13 dB_d ?

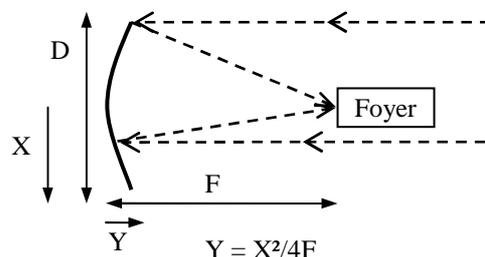
Réponse : 4 antennes couplées = gain supplémentaire de 6 dB (le rapport de 4 correspond à 6 dB) ; gain de l'ensemble = gain d'une antenne + gain du couplage = 13 + 6 = 19 dB = Rapport arithmétique de 80 (voir § 4.1) ; 100 W x 80 = 8000 W P.A.R., soit 4 fois plus qu'en utilisant une seule antenne.



Antennes ouvertes et antennes fermées : une antenne est **ouverte** lorsque son brin rayonnant est libre aux deux extrémités. (Exemple : quart d'onde, long-fil, sloper, dipôle, Yagi, Levy, hélice, log-périodiques). Une antenne est **fermée** lorsque le brin rayonnant forme une boucle. (Exemples : trombone, loop, quad). Dans ces cas, la longueur de l'antenne est proche d'un multiple de la longueur d'onde. L'impédance d'un trombone est proche de 300 Ω et celle d'une quad (carré dont le côté mesure un quart d'onde) est proche de 200 Ω. Une delta-loop (en forme de triangle) alimentée à un angle aura une impédance d'environ 150 Ω. Dans les antennes fermées, les nœuds et les ventres d'intensité et de tension ne sont plus déphasés de 90° comme dans les antennes ouvertes mais restent en phase sur toute la longueur du fil. En pratique, la longueur de ces antennes doit être allongée de 5% environ.

Quelques configurations d'antennes, que l'on pense fermées mais qui sont beaucoup plus courtes qu'une longueur d'onde, sont des antennes **magnétiques** (exemple : boucle, cadre) : l'antenne émet (et reçoit) non pas la composante électrique de l'onde mais sa composante magnétique. L'antenne est constituée d'une bobine couplée à l'alimentation et d'un condensateur. Le rendement de ces antennes magnétiques est souvent faible.

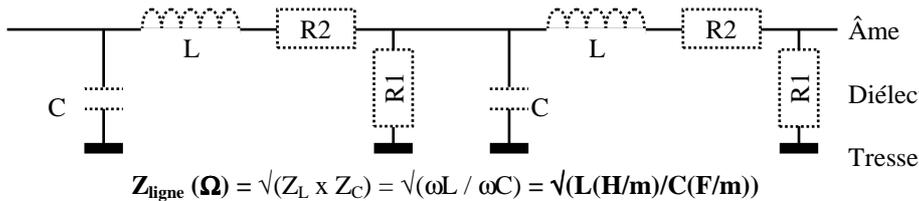
Réflecteurs paraboliques : certaines antennes, utilisées dans les très hautes fréquences emploient des réflecteurs paraboliques (ou paraboles) qui réfléchissent les ondes et concentrent les rayonnements sur un **foyer**, où est placé l'antenne (généralement un doublet). La distance entre le foyer et la parabole est appelée la focale (F). D étant le diamètre du réflecteur, le rapport F/D détermine l'angle d'illumination de l'antenne située dans le foyer et la forme de la parabole (plus ou moins concave : si F/D < 0,3, la parabole sera dite creuse, en forme de bol ; sinon elle sera plate, comme la plupart des paraboles de réception de télévision).



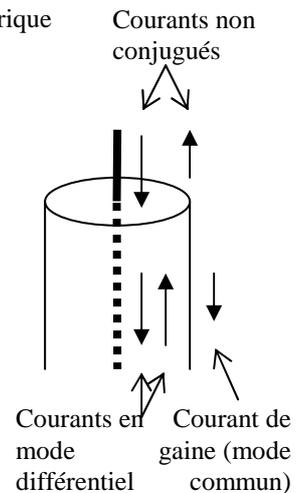
Si il est un domaine où l'expérimentation est encore possible avec des résultats au moins équivalents à ceux du matériel du commerce, c'est bien celui des antennes. D'autant plus que les revues spécialisées regorgent d'articles sur le sujet et que de nombreux logiciels d'analyse d'antennes sont disponibles sur le Net : ils permettent de définir précisément les dimensions, les impédances et les diagrammes de rayonnement de l'antenne avant de passer à sa réalisation pratique. Lorsque l'antenne sera construite et installée, vous pourrez peaufiner les réglages grâce à un analyseur d'antennes (accessoire très efficace dont sont équipés de nombreux OM et certains radio-clubs). Alors expérimentez et n'hésitez pas à réaliser vos propres antennes : lors d'un contact radio, la description de votre installation n'en sera que plus intéressante pour vos correspondants...

10) LIGNES DE TRANSMISSIONS et ADAPTATIONS

10.1) La ligne de transmission est utilisée pour **transférer l'énergie** de l'émetteur vers l'antenne ou de l'antenne vers le récepteur. Ce dispositif, appelé feeder en anglais, peut être asymétrique (câble coaxial), symétrique (ligne bifilaire, appelée aussi tween lead ou échelle à grenouille) ou tubulaire (guide d'onde). Une ligne de transmission est équivalente à un circuit constitué fictivement d'une bobine, de deux résistances et d'un condensateur (représentés en pointillé). Le rapport $\sqrt{L / C}$ fournit l'**impédance caractéristique** de la ligne (en ohms). La qualité de la ligne se mesure par sa **perte (en dB/m)**. Elle est déterminée par la valeur des résistances : R2 doit être très faible et R1 très élevée. La perte, donnée par le constructeur du câble pour une fréquence, augmente avec la fréquence du signal transféré et est moindre dans une ligne bifilaire. La perte en fonction de la longueur de la ligne, appelée aussi **affaiblissement linéique**, se calcule avec les décibels (voir § 4.1) car l'affaiblissement suit lui-même une courbe logarithmique. Cette perte n'a aucun rapport avec l'impédance de la ligne.



Si les courants dans les deux fils (ou âme et tresse) sont conjugués (égaux et de valeurs contraires), la ligne de transmission fonctionne en **mode différentiel**. Dans un câble, les courants circulent à l'intérieur de celui-ci : il n'y a pas de rayonnement. Dans une ligne bifilaire, l'intensité étant la cause du rayonnement, la ligne ne rayonne pas puisque, les intensités étant égales et de sens contraire, les champs électromagnétiques créés s'annulent mutuellement (si les conducteurs sont suffisamment rapprochés). Lorsque les courants ne sont plus conjugués, la ligne fonctionne en **mode commun** : l'énergie excédentaire chemine à l'extérieur, en surface de la gaine (ou sur la face extérieure des fils). Dans ce cas, la ligne rayonne et fonctionne comme une antenne long fil. *Pour réduire le mode commun, l'antenne sera alimentée grâce à un symétriseur (balun, voir § 10.4) ou quelques boucles seront faites avec le câble coaxial (choc-balun) pour réduire le courant de gaine.*



10.2) L'Impédance caractéristique dépend du **rapport $\sqrt{L / C}$** de la ligne (en Henry et en Farad par mètre).

La loi de Thomson établit qu'à la résonance, $Z_L = Z_C = \sqrt{L/C}$, voir § 4.7. Si un signal est appliqué à l'entrée de la ligne, un signal de même impédance se retrouvera à la sortie (en négligeant les pertes) si et seulement si la ligne est bouclée sur une résistance (ou une charge non réactive) égale à son impédance caractéristique.

Exemple : Quelle est l'impédance d'un câble ayant comme caractéristiques $L = 0,5 \mu\text{H/mètre}$ et $C = 200 \text{ pF/mètre}$?

Réponse : $Z = \sqrt{(0,5 \cdot 10^{-6}) / (200 \cdot 10^{-12})} = \sqrt{2500} = 50 \Omega$

Sur une **calculatrice** : $0,5 \cdot 10^{-6} (L) \div 200 \cdot 10^{-12} (C) = 2,5 \cdot 10^3 [\sqrt{]} = 50 \cdot 10^0 = 50 \Omega$

ou, en écriture naturelle : $Z = [\sqrt{]} (0,5 \cdot 10^{-6} (L) \div 200 \cdot 10^{-12} (C)) = 50 \cdot 10^0 = 50 \Omega$

Dans un fil ou dans un câble, la vitesse de propagation des ondes est plus faible que dans l'air ou dans le vide. La **vélocité** est la vitesse du courant dans le câble (en % de la vitesse dans l'air ou le vide). *La vélocité est fonction du diélectrique utilisé. Soit ϵ le coefficient du diélectrique, la vélocité est égale à $1/\sqrt{\epsilon}$. Les diélectriques utilisés couramment sont le polyéthylène (PE, $\epsilon = 2,3$) et le téflon ($\epsilon = 2,1$). Pour les constantes diélectriques d'autres matériaux, voir aussi § 2.3. Le coefficient de vélocité est, en général, de 66% ($=1/\sqrt{2,3}$) pour un diélectrique en PE) mais peut atteindre 80% (câble semi-aéré en PE expansé, $\epsilon = 1,5$), voire 95% dans le cas de la ligne bifilaire (diélectrique = écarteur et air, $\epsilon = 1,1$). L'impédance caractéristique du câble coaxial et de la ligne bifilaire peut aussi se calculer à partir du diélectrique employé et du rapport entre les dimensions des conducteurs (rapport entre le diamètre intérieur de la tresse et le diamètre de l'âme ou rapport entre l'écartement entre des fils et leurs diamètres).*

$\epsilon =$ coefficient du diélectrique utilisé = 2,3 pour le PE = 2,1 pour le téflon = 1,1 avec des écarteurs = 1 pour l'air ou le vide (sans écarteurs) Impédance Vélocité ($= 1 / \sqrt{\epsilon}$)	Coaxial rond 	Ligne bifilaire
	$Z(\Omega) = (138 / \sqrt{\epsilon}) \times \log(D/d)$ 66% à 90% selon diélectrique	$Z(\Omega) = (276 / \sqrt{\epsilon}) \times \log(2D/d)$ 95% avec écarteurs

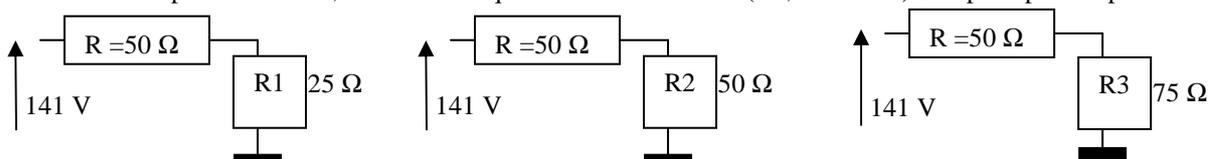
Pour un coaxial rond et un diélectrique en PE, un rapport de diamètre tresse/âme de 3,5 donne une impédance de 50 Ω . Les formules de calcul de l'impédance des lignes sont directement issues du rapport entre l'inductance

linéique (en Henry/m) d'un fil et la capacité linéique (en Farad/m) de la même longueur. Intervient aussi dans le calcul la résistance linéique (très faible pour un câble de bonne qualité) et la conductance linéique (très importante quand la fréquence augmente). Ces deux derniers termes sont négligeables par rapport à l'inductance et à la capacité dans les applications du domaine radioamateur.

La propagation dans un guide d'onde (tube de section rectangulaire ou circulaire) se fait par réflexion sur les parois conductrices d'un tube, dans l'air ou le vide. Le guide d'onde n'est pas à proprement parler une ligne de transmission puisque c'est un système qui guide les ondes depuis une antenne vers le milieu de propagation.

10.3) Adaptation, désadaptation et ondes stationnaires : Le **transfert de puissance** entre un générateur de courant alternatif et une charge est maximal lorsque l'impédance du générateur est égale à celle de la charge et est de signe contraire, si il y a une réactance. Les **impédances** sont alors **conjuguées**.

Dans les exemples ci-dessous, on cherche laquelle des 3 résistances (R1, R2 ou R3) dissipe le plus de puissance.



La loi de Joule ($P_R = R \cdot I^2$) est appliquée sachant que, pour chacun des cas, la loi d'Ohm dit : $I = U / (R + R_n)$

$P_{R1} = R1 \cdot [U / (R + R1)]^2$	$P_{R2} = R2 \cdot [U / (R + R2)]^2$	$P_{R3} = R3 \cdot [U / (R + R3)]^2$
$= 25 \times (141 / 75)^2 = 89 \text{ W}$	$= 50 \times (141 / 100)^2 = 100 \text{ W}$	$= 75 \times (141 / 125)^2 = 96 \text{ W}$

Les résistances R1, R2 et R3 peuvent être considérées comme des résistances de charge alimentées par un générateur de résistance interne (R) de 50Ω. Par simplification, il n'y a pas de réactance. En ajoutant des réactances et en utilisant un générateur de courant alternatif, la démonstration est plus complexe mais aboutit au même résultat. Ainsi, à la fréquence de résonance, par définition, les réactances d'une bobine et d'un condensateur sont conjuguées et l'impédance d'un tel circuit monté en série avec les deux résistances est nulle (filtre passe-bande) donc sans incidence sur la puissance délivrée sur la charge. *De plus, dans les schémas ci-dessus, il n'y a pas de ligne de transmission entre le générateur et la charge ; de surcroît, le courant est continu. Donc il n'y a pas d'ondes stationnaires. En bref, tout a été simplifié à l'extrême : les puristes nous excuseront pour ces raccourcis. On remarquera que lorsque le rapport des résistances est 2/1 (schéma de gauche), la puissance dissipée par R1 est inférieure de 11% à celle dissipée par R2 et lorsque le rapport des résistances est 1,5/1 (schéma de droite), la puissance dissipée est inférieure de 4%. On retrouve bien le taux de puissance réfléchi évoqué plus bas. Quant à la répartition des tensions entre les deux résistances, on retrouve les rapports Vmaxi/Vmini définissant le ROS, comme indiqué ci-dessous.*

La désadaptation des impédances entraîne qu'une partie de la puissance émise, la puissance réfléchi, retourne au générateur. Si bien que deux courants en sens inverse se superposent dans la ligne et, à certains endroits, les courants s'additionnent et à d'autres, ils se soustraient. Les endroits où se situent ces maxima et ces minima sont fixes (d'où le nom d'**ondes stationnaires**) et dépendent de la longueur de la ligne et de la fréquence. Ils sont distants les uns des autres d'un quart d'onde (attention au coefficient de vélocité de la ligne) : le phénomène se répète donc toutes les demi-ondes. Le TOS ou le ROS sont deux mesures de la désadaptation et se calculent soit :

- par le **coefficient de réflexion**, nommé ρ (rhô) et égal au **rapport** obtenu en divisant le **courant** (tension ou intensité) **réfléchi** par le **courant émis** (ou incident), les deux valeurs étant exprimés dans la même unité (V ou A). Si les valeurs mesurées sont en Watts, on prendra la racine carrée du rapport (car $U = \sqrt{PR}$). Le **TOS** (Taux d'Ondes Stationnaires, en %) est égal à 100 fois le coefficient de réflexion. La puissance réfléchi est égale à la puissance émise multipliée par le carré du coefficient de réflexion.

$$\rho = U_R / U_E = I_R / I_E = \sqrt{(P_R / P_E)} \quad \text{TOS (\%)} = \rho \times 100 \quad P_{\text{réfléchi}} = P_{\text{émise}} \times \rho^2$$

- par le **rapport des impédances** calculé de manière à être toujours supérieur à 1 (rapport d'ondes stationnaires ou **ROS**). Ce calcul n'est valable que dans le cas où les impédances sont des résistances pures (sans composantes réactives) :

$$\text{ROS (rapport / 1)} = Z \text{ plus forte } (\Omega) / Z \text{ plus faible } (\Omega)$$

- par le **rapport des tensions** (ou des intensités) **maximales et minimales** présentes tout le long de la ligne :

$$\text{ROS (rapport / 1)} = V_{\text{maxi}} / V_{\text{mini}} \text{ ou } \rho = (V_{\text{maxi}} - V_{\text{mini}}) / (V_{\text{maxi}} + V_{\text{mini}})$$

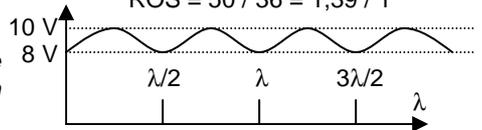
Les appareils de mesures (réflectomètres) indiquent rarement le TOS. En revanche, ils indiquent le ROS et le taux de puissance réfléchi défini par la formule $[(P_r / P_e) \times 100]$, à ne pas confondre avec le TOS. Le fait d'insérer une **boîte de couplage** entre la ligne et l'émetteur protège l'amplificateur final en limitant la puissance réfléchi mais ne solutionne pas les problèmes liés à la désadaptation (pertes supplémentaires liées au ROS, mode commun, ...). Une boîte de couplage constituée d'un filtre en pi (voir § 4.5) permet d'accorder l'impédance de la ligne et de sa charge avec celle de l'amplificateur. Au delà d'un ROS de 3/1 (soit $\rho > 50\%$ ou une puissance réfléchi supérieure à 25% de la puissance émise), on considère que l'antenne n'est plus « adaptable » avec une boîte de couplage conventionnelle (de type boîte automatique intégrée aux transceivers).

Exemples : On mesure $U_E = 100 \text{ V}$ et $U_R = 4 \text{ V}$; quel est le TOS ? **Réponse :** $\rho = 4/100 = 0,04$; TOS = $100 \rho = 4\%$

Quel est le ROS ? $Z_{\text{coax}} = 50 \Omega$; $Z_{\text{doublet } \lambda/2} = 75 \Omega$
 $Z_{\text{coax}} = 50 \Omega$; $Z_{\text{antenne verticale } \lambda/4} = 36 \Omega$

Réponses : ROS = $75 / 50 = 1,5 / 1$
 ROS = $50 / 36 = 1,39 / 1$

On mesure les tensions suivantes le long d'une ligne. Quel est le ROS ?
Réponse : ROS = $V_{\text{maxi}} / V_{\text{mini}} = 10 / 8 = 1,25 / 1$. Dans cette représentation, le générateur délivre une tension de 9 V et la tension réfléchie est de 1 V. Ce ROS peut résulter d'un rapport d'impédance de $50 / 40 = 1,25 / 1$. De même, on aura $\rho = [(10 - 8) / (10 + 8)] = (2 / 18) = (1 / 9) = 0,11$ soit TOS = 11%. Pour une puissance incidente (ou émise) de 50 W, la puissance réfléchie sera de : $50 \times \rho^2 = 100 \times 0,0121 = 0,605 \text{ W}$.



Pour transformer le coefficient de réflexion (ρ) en ROS et inversement, les formules générales sont :

$$\text{ROS} = (1 + \rho) / (1 - \rho) \quad \rho = (\text{ROS} - 1) / (\text{ROS} + 1)$$

Exemples : Soit TOS = 33%, quel est le ROS ?

Réponse : TOS = 33% donc $\rho = 0,33$
 ROS = $(1 + 0,33) / (1 - 0,33) = (1,33 / 0,67) = 2 / 1$

Soit un ROS de 2 / 1, quel est le TOS ?

Réponse : $\rho = (2 - 1) / (2 + 1) = 1 / 3 = 0,33$
 TOS = $\rho \times 100 = 0,33 \times 100 = 33\%$

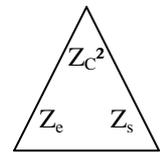
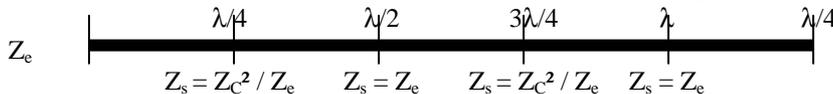
Une antenne ayant une impédance de 150Ω pur et un gain de 3 dBd est alimentée par un câble sans pertes de 50Ω . L'émetteur branché à l'entrée du câble délivre 100 W sous 50Ω . Quelle est la PAR de cet ensemble ?

Réponse : ROS = $150 \Omega / 50 \Omega = 3 / 1$; $\rho = (3 - 1) / (3 + 1) = 0,5$; puissance réfléchie = puissance émise $\times \rho^2 = 100 \times 0,5^2 = 25 \text{ W}$; puissance délivrée à l'antenne = puissance de l'émetteur - puissance réfléchie = $100 - 25 = 75 \text{ W}$; PAR = puissance délivrée à l'antenne \times gain de l'antenne (= 3 dB) = $75 \text{ W} \times 2 = 150 \text{ W}$

10.4) Lignes d'adaptation et symétriseurs. Si l'impédance de la charge n'est pas égale à l'impédance de la ligne, il y a des ondes stationnaires dans la ligne de transmission et l'impédance d'entrée peut avoir des composantes réactives (inductives ou capacitives). Toutefois, pour certaines longueurs de ligne, ces composantes réactives s'annulent. Ces longueurs de ligne sont des longueurs « électriques » : le coefficient de vitesse de la ligne doit être pris en compte. Les relations suivantes sont calculées avec Z_C = impédance du câble, Z_e = impédance d'entrée et Z_s = impédance de sortie :

- à chaque nombre pair de quart d'onde (donc à chaque demi-onde), on a $Z_e = Z_s$, quelle que soit l'impédance de la ligne ; on n'échappe pas toutefois pas au courant en mode commun si la liaison entre la ligne de transmission et l'antenne est mal conçue (cas du doublet demi-onde relié directement à un câble coaxial).

- à chaque nombre impair de quart d'onde, on a $Z_C^2 = Z_e \times Z_s$, ou, formule utilisée le plus souvent, $Z_C = \sqrt{Z_e \cdot Z_s}$. Pour obtenir toutes les variantes, on utilisera le triangle ci-contre, comme pour la loi d'Ohm.



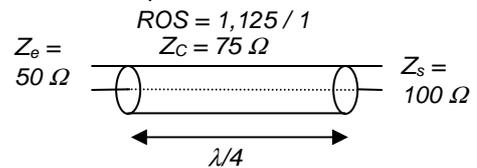
Exemple : Pour adapter les impédances suivantes : $Z_e = 50 \Omega$ et $Z_s = 100 \Omega$, quelle devra être l'impédance du câble coaxial monté en ligne $\lambda/4$?

Réponse : $Z_C = \sqrt{(50 \times 100)} = \sqrt{5000} = 70,7 \Omega$ pour un câble de longueur de $\lambda/4$

Sur une calculatrice : $50 (Z_e) \times 100 (Z_s) = 5000 [\sqrt{\quad}] = 70,7$ ou, en écriture naturelle : $[\sqrt{\quad}] (50 (Z_e) \times 100 (Z_s)) = 70,7$

Remarquez que l'impédance du câble à utiliser est toujours comprise entre les impédances d'entrée et de sortie.

Un morceau de coaxial 75Ω (valeur approchée) d'une longueur $\lambda/4$ adaptera à une valeur proche de 50Ω une antenne ayant une impédance de 100Ω . Dans cette situation, l'impédance à l'entrée du câble, Z_e , est égale à $Z_C^2 / Z_s = 75^2 / 100 = 56,25 \Omega$, générant un ROS de $1,125 / 1$ ($Z_+ / Z_- = 56,25 / 50$) au lieu de $2 / 1$ ($Z_+ / Z_- = 100 / 50$) si on avait utilisé du câble de 50Ω .



Autre calcul : impédance à la sortie du câble : $Z_s = Z_C^2 / Z_e = 75^2 / 50 = 112,5 \Omega$ générant un ROS de $1,125 / 1$.

Les propriétés des lignes quart d'onde et demi-onde permettent de réaliser des filtres en insérant des morceaux de câble coaxial (ou de ligne bifilaire) de longueur $\lambda/4$ ou $\lambda/2$ dans une ligne de transmission. Pour le calcul de la longueur du câble, comme précédemment, le coefficient de vitesse de la ligne doit être pris en compte.

L'impédance des lignes quart d'onde et demi-onde diffèrent selon qu'elles sont fermées ou ouvertes. Une ligne est dite fermée lorsqu'à l'extrémité du câble, âme et tresse sont reliées ; dans ce cas, l'impédance de la charge de sortie est nulle ; sinon, la ligne est dite ouverte et l'impédance de la charge de sortie est élevée.

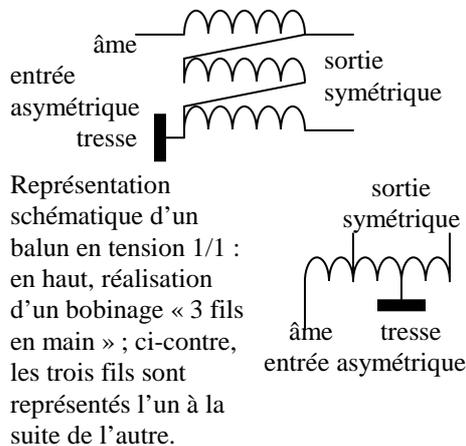
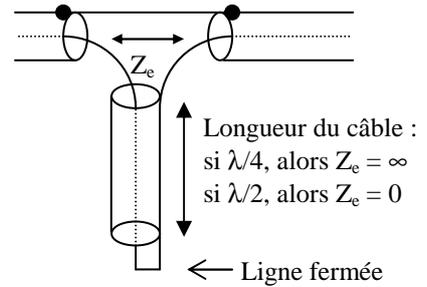
Selon les lois de Maxwell, le vide, comme tout milieu de propagation, a une impédance égale à $\sqrt{Z_L \times Z_C}$, c'est-à-dire la moyenne géométrique des impédances dont il est constitué. Avec $Z_L =$ perméabilité du vide ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ F/m}$) et $Z_C =$ permittivité du vide ($\epsilon_0 = 1/36\pi \cdot 10^9 \text{ H/m}$) (voir § 2.3), l'impédance du vide est 377Ω (soit 120π). L'air sec est un milieu homogène linéaire et isotrope, ses permittivité et perméabilité sont très proches de celles du vide ($\mu_r = 1,00068$ et $\epsilon_r = 1,0014$) donc l'impédance de l'air sec en tant que milieu de propagation est égale à celle du vide, soit 377Ω (et non pas infinie). Par contre, on rappelle que la résistivité de l'air sec (à ne pas confondre avec l'impédance du milieu de propagation) est très importante ($1,13 \text{ G}\Omega\text{m}$, voir § 1.4).

En reprenant le calcul des impédances des lignes de $\lambda/2$ et de $\lambda/4$, et quelle que soit l'impédance caractéristique de la ligne de transmission, les résultats suivants sont obtenus :

Type de ligne et Impédance de sortie	schéma	quart d'onde ($\lambda/4$) et nombre impair de $\lambda/4$	demi-onde ($\lambda/2$) et nombre entier de $\lambda/2$
Ligne ouverte $Z_s = \infty$ (infini)		Impédance d'entrée nulle $Z_e = Z_C^2 / Z_s = Z_C^2 / \infty = 0$	Impédance d'entrée infinie $Z_e = Z_s = \infty$
Ligne fermée $Z_s = 0$		Impédance d'entrée infinie $Z_e = Z_C^2 / Z_s = Z_C^2 / 0 = \infty$	Impédance d'entrée nulle $Z_e = Z_s = 0$

Nous venons de voir que le vide a une impédance de 377Ω . Il sera donc difficile d'obtenir une impédance infinie sur une ligne ouverte. D'où la préférence pour les lignes fermées dont l'impédance est certaine.

Dans une ligne ouverte, l'impédance commence par être capacitive et diminue jusqu'à ce que la ligne atteigne $\lambda/4$. A cet endroit l'impédance est celle d'un circuit LC série (nulle). Puis l'impédance devient inductive et augmente pour être celle d'un circuit bouchon (infinie) à $\lambda/2$ puis diminue en redevenant capacitive et devient de nouveau nulle à $3\lambda/4$ et ainsi de suite... La ligne fermée (schéma ci-contre) a un comportement décalé de $\lambda/4$: son impédance inductive augmente avant $\lambda/4$, est infinie à cet endroit puis devient capacitive en diminuant. L'impédance de la ligne fermée est nulle à $\lambda/2$ ainsi qu'à toutes les longueurs égales à un nombre entier de demi-onde. Ces lignes forment d'excellents filtres.

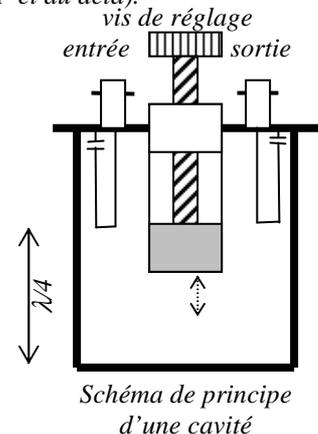


Une antenne n'est pas toujours symétrique : les deux brins d'un doublet n'ont pas exactement la même longueur ; le sol sous l'antenne n'est pas uniforme ; un obstacle dans l'environnement immédiat d'un des brins modifie son impédance. La conséquence de ces problèmes est que les courants mesurés sur chacun des brins ne sont plus conjugués. Une adaptation est alors nécessaire entre la ligne de transmission et l'antenne. C'est le rôle du **symétriseur** ou **balun**. (de l'anglais BALanced UNbalanced). Selon le montage, le balun symétrise les tensions (comme ci-contre) ou les intensités (voir aussi le choc-balun au § 10.1). Seul le balun symétriseur de tension peut transformer son impédance de sortie ce qui permet d'adapter des antennes d'impédance différente de celle de la ligne de transmission. Le rapport de transformation du balun représenté ci-contre est 1/1 car le nombre de spires de l'entrée asymétrique est égal au nombre de spires de la sortie symétrique.

Il existe d'autres systèmes d'adaptation : **Gamma match** (en forme de Γ , lettre grecque majuscule gamma), **stub** (prise sur les deux fils d'une ligne bifilaire ouverte ou fermée).

Les **cavités** sont souvent adoptées pour coupler des paires d'émetteurs / récepteurs (de fréquence A et B dans les schémas ci-dessous) sur une seule antenne. Les cavités, comme tout élément passif, sont bidirectionnelles (émission / réception) et peuvent être montées en série (passe bande) ou en dérivation vers la masse (réjection). On peut bien entendu combiner les montages dont les caractéristiques sont données ci-dessous. Les bornes d'entrée et de sortie de la cavité (de type BNC dans notre représentation) sont reliées à un système de couplage composé d'une « épingle à cheveux » en résonance avec un condensateur. La vis de réglage permet d'ajuster la longueur pour laquelle le tube central laissera passer la fréquence souhaitée. Compte tenu de leur encombrement mécanique, les cavités sont utilisées sur des fréquences élevées (VHF et au delà).

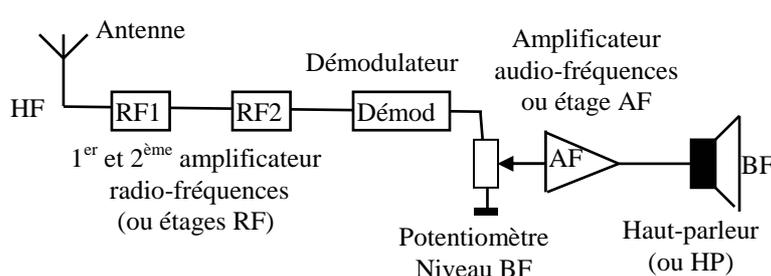
Montage	Passe bande	Réjecteur
Schéma		
Écart des fréquences	Écart A / B = 6% minimum	Écart A / B = 3% minimum
Insertion	Filtre par rapport à l'environnement	Peu de pertes d'insertion
Si plus de 2 fréquences	Ajout facile d'un autre élément	Difficile de séparer plus de 2 fréquences



11) Les SYNOPTIQUES

Les synoptiques ne sont pas des schémas électriques mais des **schémas de principes** : ils montrent comment s'enchaînent les différents étages d'un émetteur ou d'un récepteur. Les liaisons entre les étages sont souvent omises sauf lorsqu'elles permettent de mieux expliquer le fonctionnement de l'ensemble (transformateur, potentiomètre par exemple). Les différents étages RF et leurs liaisons sont présentés aux § 7.3 à 7.7. Les étages de modulation et de démodulation seront vus aux § 12.2 et suivants.

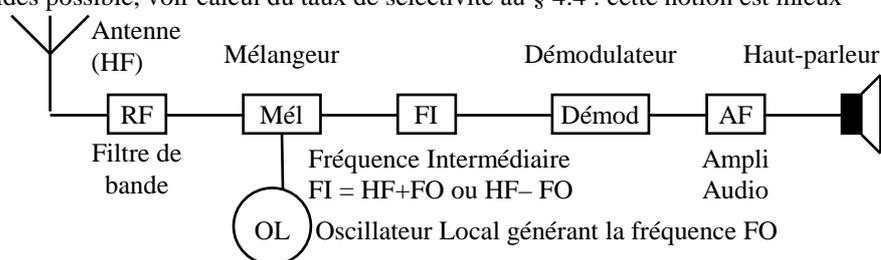
11.1) Récepteur sans conversion de fréquence : Un synoptique de récepteur se lit **de l'antenne vers le haut parleur**. Un récepteur sans conversion se compose d'une série d'amplis RF accordés sur la fréquence HF à recevoir. S'il y a plusieurs fréquences à recevoir, les fréquences d'accord de RF1 et RF2 varient en même temps, généralement par un moyen mécanique. Le démodulateur (qui sera étudié au § 12.2) suit les étages RF et extrait le signal utile BF du signal HF. Un potentiomètre dose le niveau BF appliqué au haut-parleur par l'étage AF. Dans les synoptiques, les étages amplificateurs sont représentés soit par des rectangles (comme pour RF1 et RF2) soit par des triangles dont la pointe indique la sortie (comme pour AF).



Le synoptique de ce récepteur est simple mais l'étude de son schéma électrique (ce qui n'est pas au programme de l'examen) nous apprendrait ceci : l'antenne est couplée à un premier amplificateur radio fréquences, RF1, par un transformateur adaptateur d'impédance. En sortie de l'étage d'amplification RF1, construit autour

d'un transistor FET, un circuit LC est accordé sur la fréquence à recevoir, HF. Une partie de la haute fréquence de ce circuit est prélevé au moyen d'un point milieu sur le bobinage. L'étage RF2, construit autour d'un transistor NPN monté en classe A, possède lui aussi un circuit LC en sortie. La liaison avec le démodulateur est effectuée par un condensateur. Le démodulateur est une diode suivi d'un filtre RC (c'est donc une détection et la modulation est de l'AM, voir § 12.2). Un potentiomètre en sortie de démodulateur permet de doser le niveau BF appliqué à l'amplificateur Audio Fréquences (AF) constitué de deux étages : un transistor NPN monté en classe A suivi d'un transistor monté en collecteur commun, classe AB, qui alimente le haut-parleur à la bonne impédance via un condensateur électrochimique.

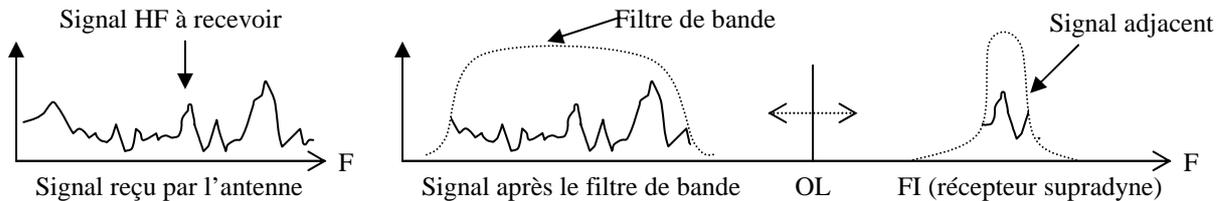
11.2) Récepteur avec fréquence intermédiaire (FI) ou récepteur **superhétérodyne** : sans conversion, un récepteur est difficile à accorder sur une bande, surtout si les étages RF sont nombreux. Le principe de la **fréquence intermédiaire** est de mélanger la fréquence à recevoir avec une fréquence variable générée par un oscillateur local. Dans ce genre de récepteur, seul le premier étage R.F. du récepteur sans conversion subsiste et il devient un filtre de bande. La fréquence à recevoir est mélangée avec la fréquence de l'oscillateur local. La fréquence de ce dernier est calculée de telle manière que la fréquence à recevoir soit « transférée » sur une fréquence fixe, la FI, plus facile à filtrer. A la sortie du mélangeur se présentent deux fréquences (voir § 7.7), dont une est la FI, l'autre étant éliminée par filtrage. Le rôle de l'étage FI est **d'améliorer la sélectivité** (filtres dont les flancs seront les plus raides possible, voir calcul du taux de sélectivité au § 4.4 : cette notion est mieux adaptée aux étages RF et FI qu'aux simples filtres LC) **et la sensibilité** (amplification la plus linéaire possible) du récepteur. Le démodulateur et les étages suivants sont identiques au récepteur sans conversion.



Les fréquences de l'oscillateur local (FO), de la fréquence à recevoir (HF) et de l'étage de fréquence intermédiaire (FI) sont calculées de telle manière que l'on a :

$$FI = FO - HF \text{ ou } FI = HF - FO \text{ (mélange infradyne) ou } FI = FO + HF \text{ (mélange supradyne)}$$

Si le mélange de la fréquence à recevoir avec la fréquence de l'OL conduit à garder la différence de fréquence ($FI = FO - HF$ ou $FI = HF - FO$), le récepteur est appelé **infradyne** ; dans la cas inverse, le récepteur est **supradyne**. Dans un récepteur infradyne, le spectre du signal reçu est inversé. Dans un récepteur supradyne, lorsque l'on veut augmenter la fréquence à recevoir, il faut baisser la fréquence de l'oscillateur local alors qu'il faudra l'augmenter dans un récepteur infradyne.



L'antenne reçoit le signal HF que l'on souhaite recevoir mais aussi tous les autres. Le filtre de bande, avant le mélangeur, effectue un premier tri puis l'étage FI, grâce à sa sélectivité, extrait le signal désiré. Dans notre schéma, à droite du signal à recevoir, apparaît un signal adjacent qui pourra dégrader la réception une fois notre signal démodulé. Pour supprimer ce signal parasite, il faudrait un filtre FI avec une bande passante plus étroite.

Les récepteurs modernes ont plusieurs fréquences intermédiaires permettant de filtrer plus efficacement. Dans ce cas, l'oscillateur local utilisé pour la seconde fréquence intermédiaire est fixe (de préférence piloté par quartz).

Les récepteurs modernes sont dotés d'un étage DSP (de l'anglais : *Digital Signal Process*, traitement digital du signal) situé avant l'amplificateur AF ou, de préférence, avant le démodulateur. Le traitement numérique fait appel aux transformées de Fourier (voir § 2.1). Par la réduction de l'échantillonnage, la Transformée Discrète de Fourier (DFT, représentant le signal analogique) est simplifiée en une Transformée Rapide de Fourier (FFT, signal numérisé avec plus ou moins de pertes d'informations selon la précision de la numérisation). Le signal, une fois digitalisé, est traité par des algorithmes (filtres digitaux) faisant appel aux matrices. Le nombre de bits de codage du signal détermine la dynamique du circuit (en dB, rapport entre le signal le plus puissant avant saturation et le signal le plus faible, 6 dB par bit de codage). Les filtres FIR (Réponse Impulsionnelle Finie) sont à mettre en relation avec les filtres passifs (filtre RC) alors que les filtres IIR (Réponse Impulsionnelle Infinie) permettent de simuler des filtres actifs (à base d'amplificateurs opérationnels, par exemple). Une fois le traitement digital effectué, le signal filtré est reconverti en analogique.

11.3) Fréquence image : La fréquence intermédiaire est la résultante du mélange de la fréquence H.F. à recevoir et de la fréquence FO de l'oscillateur local. La fréquence image (Fim) est la fréquence obtenue par le mélange inverse (somme des fréquences à l'entrée du mélangeur au lieu de différence pour les récepteurs infradyne, ou l'inverse pour les supradynes) utilisé pour générer la FI.

Soit un récepteur ayant les caractéristiques suivantes : HF = 14 MHz ; FO = 5 MHz ; FI = 9 MHz. Si le filtre d'entrée H.F. est de mauvaise qualité et laisse passer le 4 MHz, le mélange 4 MHz (Fim) et 5 MHz (FO) donne 9 MHz (4 + 5 = 9), soit la Fréquence Intermédiaire. Les deux signaux (HF et Fim) seront présents dans l'étage FI et il sera impossible, à ce niveau, de les séparer. Le calcul de la Fréquence Image diffère selon le récepteur :

- si le récepteur est supradyné (dans ce cas, FI = HF + FO) : **Fim = HF + 2.FO**
- si le récepteur est infradyne avec FO > FI (dans ce cas, FI = FO - HF) : **Fim = HF + 2.FI**
- si le récepteur est infradyne avec FI > FO : **Fim = HF - 2.FO** (dans l'exemple : Fim = 14 - [2 x 5] = 4 MHz).

Pour limiter ce problème, les récepteurs modernes à large couverture sont de type supradyné avec une première FI élevée (100 MHz et plus), rejetant très loin la Fréquence Image et facilitant ainsi le filtrage d'entrée.

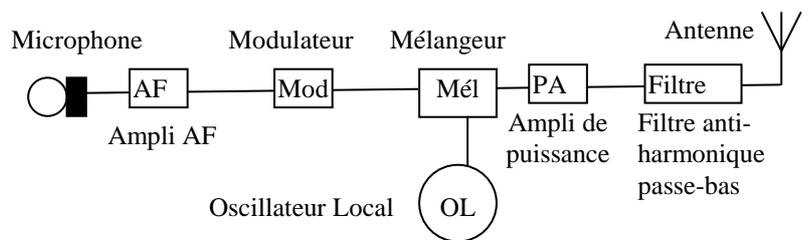
11.4) La sensibilité d'un récepteur se mesure par son signal d'entrée minimum. Une liaison radio est jugée bonne si le bruit propre du récepteur est très en dessous du signal à recevoir. Plus un récepteur est sensible, plus il "sortira" les signaux faibles. La puissance du signal se mesure en points S. Un signal de S9 correspond à une tension de 50 µV sur l'entrée du récepteur (charge de 50 Ω) en dessous de 30 MHz. La puissance du signal S9 est donc de $P = U^2 / R = 50 \mu V \cdot 50 \mu V / 50 \Omega = 50 \text{ pW}$. Entre chaque point S, il y a 6 dB, l'échelle des S pour les fréquences inférieures à 30 MHz est ainsi définie :

S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9+10 dB	9+20 dB	9+30 dB
dB/S9	-54	-48	-42	-36	-30	-24	-18	-12	-6	0	+10	+20	+30
µV/50Ω	0,1	0,2	0,4	0,8	1,5	3	6	12	25	50	160	500	1600

Les récepteurs modernes ont couramment une sensibilité de l'ordre de S1 ou S0. Mais l'échelle du S-mètre est souvent très fantaisiste et ne correspond pas à la norme indiquée dans le tableau ci-dessus. La mesure du signal d'entrée d'un récepteur se mesure aussi en dBm (décibel par rapport au milliwatt) : un signal S9 correspond à -73 dBm (rapport entre 50 pW et 1 mW, soit $1/(2 \cdot 10^7)$) et un signal S0 correspond à -127 dBm (= -73 - [9 x 6]). Afin d'augmenter la sensibilité d'un récepteur, chacun des étages (oscillateur, amplificateur) devra générer le moins de bruit possible (voir §11.7) et donc être le plus linéaire possible.

11.5) Émetteur : Un synoptique d'émetteur se lit du microphone vers l'antenne. De même que pour les récepteurs, il peut y avoir un ou plusieurs changements de fréquences. Un émetteur est obligatoirement équipé d'un filtre anti-harmonique passe-bas (filtre "en pi" par exemple) pour éviter les rayonnements non essentiels. L'impédance de sortie de l'émetteur (après le filtre) devra être conjuguée avec l'impédance présente à l'entrée de la ligne de transmission. Lorsque l'émetteur est couplé à un récepteur (formant alors un transceiver), certains éléments sont en commun : l'oscillateur local (ainsi, la fréquence de réception varie avec celle de l'émission),

la prise antenne qui permettra d'utiliser le même aérien. Toutes ces possibilités nécessitent un système de commutation (commutateurs, relais électromécaniques, diodes de commutation) permettant de passer facilement de l'émission à la réception.



11.6) La Compatibilité Électromagnétique (CEM) est la faculté d'un émetteur de ne pas perturber son environnement, en particulier un récepteur, ou la faculté d'un récepteur de ne pas être perturbé par un émetteur ou son environnement.

Un matériel électrique ou électromécanique ou électronique a un certain niveau d'immunité à son environnement électromagnétique. Lorsque les perturbations dépassent ce niveau, son seuil de susceptibilité est alors atteint. Il faut alors prendre des mesures de durcissement pour atteindre un meilleur niveau d'immunité.

Nous parlons d'émission lorsqu'il s'agit du générateur de perturbations et de susceptibilité lorsqu'il s'agit de matériel perturbé, ou récepteur de perturbations. Une perturbation (émission ou susceptibilité) est dite conduite lorsqu'elle est véhiculée par l'intermédiaire des conducteurs (fils, câbles, pistes de circuits imprimés,...). Une perturbation est dite rayonnée lorsqu'elle se propage dans l'espace environnant par un champ électromagnétique.

11.7) Intermodulation, transmodulation et bruit : Tout produit d'intermodulation 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. Le mélange correspond à la somme et la différence des fréquences fondamentales et de leurs harmoniques. Soient A et B, deux fréquences utilisées, on aura A + B et A - B mais aussi 2B - A et 2A - B, produit du troisième ordre, d'autant plus difficile à éliminer que A et B seront des fréquences voisines. Dans notre exemple du §11.3, si les fréquences 14,1 et 14,2 MHz sont présentes à l'entrée du récepteur et que l'étage RF n'est pas linéaire, on pourra entendre sur 14 MHz le produit du 3^{ème} ordre (14,2 - [14,1 x 2] = 14 MHz)

Lorsqu'un signal de fréquence voisine de F, fréquence du signal désiré, est un signal puissant de fort amplitude, celui-ci va provoquer une surcharge de l'étage d'entrée du récepteur qui devient non-linéaire (le signal à la sortie n'est plus proportionnel au signal d'entrée). Ce signal puissant, non désiré, va alors interférer avec le signal désiré et moduler ce dernier. En conséquence, on entendra la modulation normale du signal désiré mais également la nouvelle modulation : c'est l'effet de transmodulation.

Le bruit provient de la chaleur (agitation des électrons) et arrive par l'antenne ou est créé par des étages non linéaires (oscillateurs ou amplificateurs). La puissance de bruit se calcule de préférence en mW ou en dBm (décibels par rapport au mW). La quantification du bruit thermique est donnée par la formule :

$$P(W) = k \cdot T(^{\circ}K) \cdot B(Hz)$$

$k =$ constante de Boltzmann $= 1,38 \cdot 10^{-23}$; $T =$ température en $^{\circ}K$ (soit $^{\circ}C + 273$) ; $B =$ bande passante en Hz

Exemple : quelle est la puissance (en dBm) du bruit thermique dans une antenne à la température ambiante de 20°C pour une bande passante de 2500 Hz ?

Réponse : $P(W) = k \cdot T(^{\circ}K) \cdot B(Hz) = 1,38 \cdot 10^{-23} \times (20 + 273) \times 2500 = 1,01 \cdot 10^{-17} W \approx 1 \cdot 10^{-14} mW = -140 dBm$

Sur une antenne, à ce bruit thermique s'ajoute le bruit généré par l'homme qualifié de pollution radioélectrique, le bruit atmosphérique très important sur les bandes basses et le bruit galactique dû essentiellement à l'activité solaire surtout sensible dans les fréquences élevées (VHF et au delà).

Au niveau du récepteur, il faut ajouter une partie du bruit généré par chaque étage. Le bruit généré par le premier étage doit être le plus faible possible. Le facteur de bruit total est donné par la relation suivante :

$$F = F_1 + (F_2 - 1) / G_1 + (F_3 - 1) / (G_1 \times G_2) + \dots + (F_n - 1) / (G_1 \times G_2 \times G_3 \times \dots \times G_{n-1})$$

$F =$ facteur de bruit total ; $F_1 =$ facteur de bruit (ou perte) apporté par l'étage 1 ; $G_1 =$ gain de l'étage 1.

Le facteur de bruit et le gain de chaque étage sont exprimés en rapport (et non pas en dB)

Exemple : au centre d'un câble ayant une perte totale de 6 dB, on installe un préamplificateur ayant un gain de 16 dB et un facteur de bruit de 1 dB. Quel est le facteur de bruit (en dB) de l'ensemble ? Quel est le gain de l'ensemble ?

Réponse : facteur de bruit de chaque morceau de câble $F_c = 2$ (= 6 dB / 2) ; gain de chaque morceau du câble $G_c = 0,5$ (= 1 / F_c) ; facteur de bruit du préampli $F_p = 1,25$ (= 1 dB) ; gain du préampli $G_p = 40$ (= 16 dB) ; $F = F_c + ((F_p - 1) / G_c) + ((F_c - 1) / (G_c \times G_p)) = 2 + ((1,25 - 1) / 0,5) + ((2 - 1) / (0,5 \times 40)) = 2 + 0,5 + 0,05 = 2,55$ soit un facteur de bruit total d'environ 4 dB ;

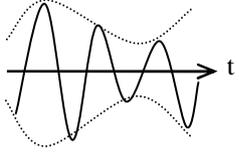
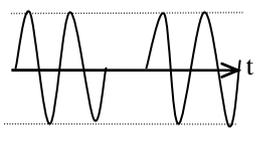
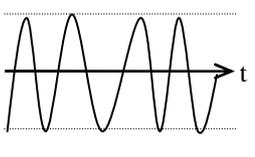
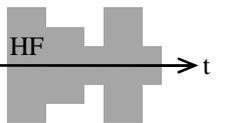
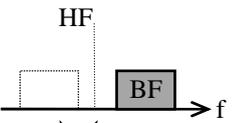
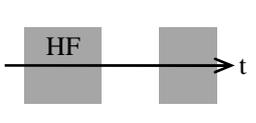
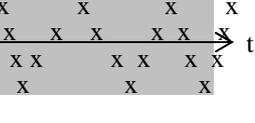
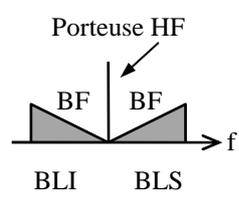
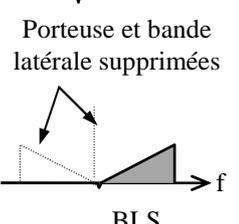
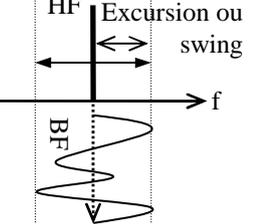
Gain de l'ensemble = gain du préampli - pertes dues au facteur de bruit = 16 - 4 = 12 dB (et non pas somme des gains - somme des pertes = 16 - (3 + 1 + 3) = 9 dB : le facteur de bruit amené par le second morceau de câble, c'est-à-dire sa perte, est masqué par le gain du préamplificateur)

Bien souvent, l'ensemble du bruit extérieur au récepteur (thermique + atmosphérique + galactique + pollution radioélectrique) est supérieur aux -127 dBm correspondant à un signal de force S0 sur l'antenne. Dans ce cas, le signal, noyé dans le bruit, ne pourra pas être démodulé, même si le récepteur est parfait (aucun bruit généré).

12) Les DIFFÉRENTS TYPES de MODULATIONS

12.1) Schématisation des différents types de modulation :

La tension instantanée en fonction du temps d'un signal électrique sinusoïdal peut se caractériser par trois grandeurs : **l'amplitude, la fréquence et la phase**. Si on désire transporter une information (voix, image, données informatiques, ...) grâce à ce signal, il faut le moduler en fonction de cette information. Moduler ce signal consiste à modifier une de ses trois grandeurs au rythme de l'information que l'on désire transporter.

Représentation	AM - A3E Modulation d'Amplitude	BLU - J3E Bande Latérale Unique	CW - A1A Télégraphie	FM - F3E Modulation de Fréquence
en fonction du temps/oscillogramme		La BLU ne peut pas être représentée en fonction du temps		
de type Minitel				
en fonction de la fréquence spectrogramme			La CW ne peut pas être représentée en fonction de la fréquence	

Attention : le Minitel se prête mal aux représentations schématiques : en AM, BLU et CW, la partie grisée représente la HF ; en FM, seuls quelques points de la courbe sont positionnés ou encore la HF est représentée par un large rectangle grisé comme si un opérateur en CW s'était endormi sur le manipulateur : il faut interpréter... Fin 2008, l'examen devant se passer sur un micro-ordinateur, ces difficultés devraient disparaître.

Un **oscillogramme** représente la modulation en fonction du temps qu'afficherait un oscilloscope. Un **spectrogramme** représente la modulation en fonction de la fréquence qu'afficherait un analyseur de spectre.

Si on modifie l'amplitude, on parle de **modulation d'amplitude** (AM) : le niveau de H.F. est modulée par le niveau de B.F. ; la B.F. produit une enveloppe (marquée en pointillé dans le schéma ci-dessus) autour de la H.F. En représentant l'AM en fonction de la fréquence, on retrouve la porteuse au centre et deux bandes latérales (une de chaque côté de la porteuse) transportant le message B.F. car moduler la HF (porteuse) par la BF revient à les mélanger (voir § 7.7) ; la résultante de ce mélange donne les fréquences $HF + BF$, $HF - BF$ et HF .

La BLU (**Bande Latérale Unique**), SSB (Single Side Band) en anglais, est créée à partir de l'AM dont on supprime la porteuse et une bande latérale afin d'optimiser la puissance émise : la porteuse ne transporte aucun message, les deux bandes latérales transportent le même message. La BLU est une modulation d'amplitude. En BLU, le signal BF est simplement « traduit » sur une fréquence plus élevée. Le spectre BF (en gris sur les schémas ci-dessus) est représenté dans le schéma du bas par un triangle ce qui permet de différencier le bas et le haut du spectre BF et ne signifie pas que la tension ou la puissance du signal BF est plus faible vers 0 Hz. En BLS, le spectre BF s'étend de 0 Hz (à gauche du triangle représentant le spectre BF) à 3 kHz (à droite). En BLI, le spectre BF est inversé : il sera « retourné » quand il sera démodulé. Sur Minitel, un rectangle représente la BF.

La **CW** (de l'anglais Continuous Waves, ondes entretenues) est simplement de la H.F. modulée en tout ou rien. La CW est une modulation d'amplitude réduite à sa plus simple expression.

La modulation de phase et la **modulation de fréquence** (FM) sont des modulations « angulaires ». En FM, la fréquence de la porteuse est modulée au rythme de la BF. Lorsque la BF est au maximum, la fréquence est maximum, et vice versa. **L'excursion** en fréquence (ou swing) est l'écart entre la fréquence centrale et une des deux fréquences extrêmes. La bande passante (ou occupée) est le double de l'excursion et est l'écart entre les deux fréquences extrêmes.

Si l'on modifie la phase, on parle de **modulation de phase**. La représentation temporelle de ce signal ressemble alors à celle d'un signal modulé en fréquence et les propriétés d'un signal modulé en phase sont très proches de celles d'un signal modulé en fréquence. D'ailleurs, l'oreille humaine ne fait pas la distinction ; en revanche, l'ordinateur (et le traitement numérique de sa carte son) la fait.

Les modes digitaux (appelés aussi MGM : Modulation Générée par une Machine) n'échappent pas à cette classification : la CW est une modulation d'amplitude numérique à 2 états (tout ou rien). Avec le FSK (Frequence Shift Keying), la fréquence est modulée par une sous-porteuse contenant l'information numérique. Le PSK (Phase Shift Keying) module la phase qui prend 2 états (0 et π donnant du 2-PSK), 4 états (0, $\pi/2$, π et $3\pi/2$ donnant du 4-PSK), voire plus. Transmettre en AFSK sur un émetteur BLU équivaut à moduler en FSK.

La modulation d'amplitude en quadrature (QAM) combine les modulations d'amplitude et de phase ce qui permet jusqu'à 256 états (soit 16^2) correspondant chacun à une amplitude et une phase. Ceci complique la modulation et la démodulation (surtout en présence de parasites ou de fading) mais augmente le débit binaire. En effet le débit binaire, donné en bits par seconde (bps), est égal au nombre de changement d'état par seconde (vitesse en Bauds, déterminant la bande occupée par le signal) multiplié par le nombre d'états que peut prendre le signal. Noter que ce type de modulation, utilisé en particulier en Wi-Fi, ne fait pas partie des 31 classes d'émission autorisées aux radioamateurs de classe 2 ou 1.

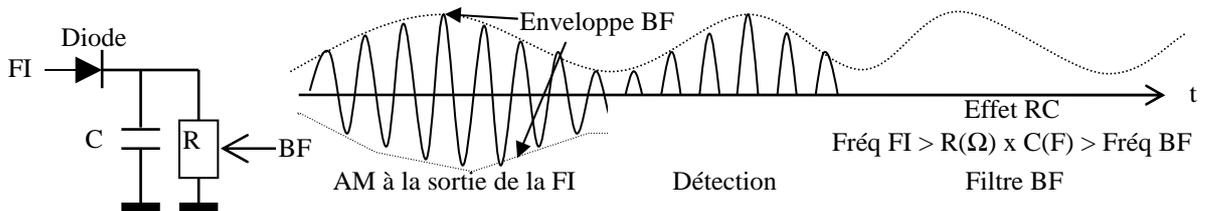
12.2) Les modulateurs et les démodulateurs : Dans le programme de l'examen, seuls les noms des étages et les synoptiques, selon le type de modulation, sont à connaître. Voir les paragraphes suivants pour plus de détails.

		AM	BLU	CW	FM
Démodulateur	Nom	<u>Détection</u> ou détecteur d'enveloppe	Oscillateur de battement de fréquence (<u>BFO</u>) et <u>détecteur de produit</u> (DP) ou mélangeur		<u>Discriminateur</u> ou détecteur de pente
	Schéma synoptique	FI — Dét —> BF	FI — DP ou Mél —> BF		FI — Disc —> BF
	Autres notions	Contrôle Automatique de Gain (<u>CAG</u>)	BFO Fréquence BFO ≈ Fréquence FI		<u>Foster-Seelev ; Squelch limiteur, désaccentuateur</u>
Modulateurs	Principe	la HF de l'oscillateur est mélangée à la BF	<u>Mélangeur équilibré</u> et <u>filtre à quartz</u> (Q)	Coupure de l'alimentation d'un étage ou entre les étages	La BF est appliquée à un VCO (oscillateur à réactance)
	Schéma synoptique	BF — Mél —> FI Osc HF	BF — Mél éq —> FI Osc HF Q	+ Osc ou PA	BF — VCO —> FI δU δF
	Autres notions	<u>Taux de Modulation et surmodulation</u>		<u>Pialements et claquements</u>	<u>Indice de Modulation Préaccentuateur</u>

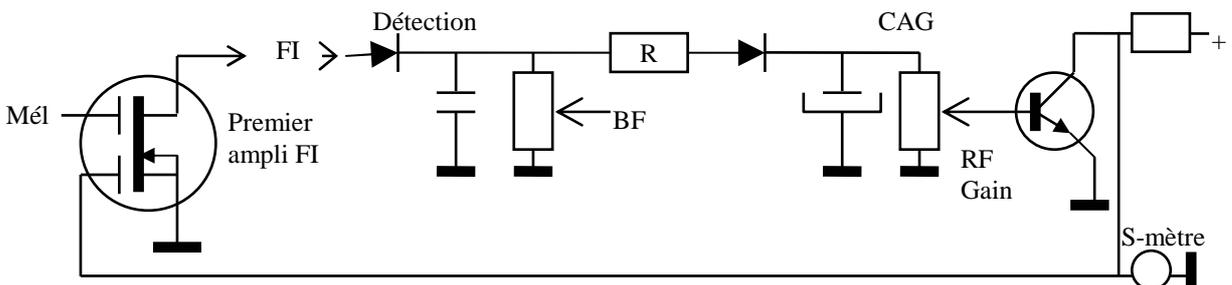
12.3) La Modulation d'Amplitude

La modulation d'amplitude (AM) reste la modulation la plus simple à mettre en œuvre tant en émission qu'en réception. C'est par ce type de modulation qu'ont été effectués les premières émissions radiophoniques et les premiers contacts radioamateurs en téléphonie. Mais, compte tenu des piètres performances de cette modulation, elle n'est quasiment plus utilisée par les radioamateurs, sauf en Télévision.

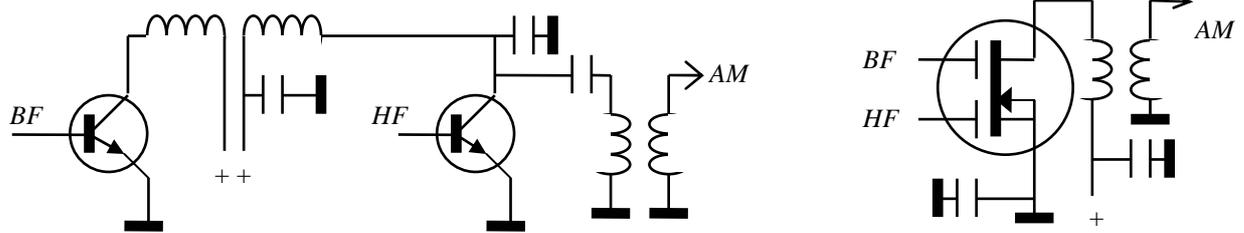
La détection (ou détecteur d'enveloppe) est constituée d'une diode suivie d'un circuit RC passe-bas pour filtrer la H.F. Le niveau B.F. appliqué à l'amplificateur AF est ajusté sur le point milieu du potentiomètre R.



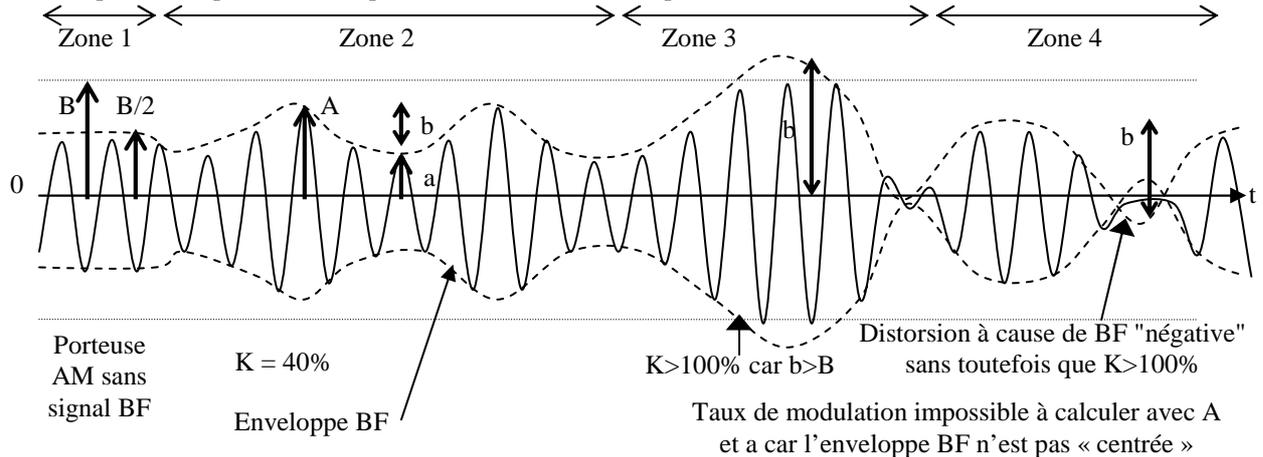
Le contrôle automatique de gain (CAG) est un dispositif qui permet d'obtenir le même niveau B.F. quelle que soit la force du signal H.F. à l'entrée du récepteur. La tension à l'entrée de l'étage CAG est prélevée sur la détection à travers la résistance R. La tension de sortie ajuste le gain d'un étage FI à transistor FET double porte. C'est cette tension qu'indique le S-mètre du récepteur. La CAG peut aussi agir sur le gain du premier étage HF.



Une onde porteuse en AM peut être modulée de différentes façons : en agissant sur l'alimentation de l'amplificateur final (schéma à gauche) ou en mélangeant HF et BF grâce à un MOS-FET (schéma à droite).



La représentation d'un signal AM en fonction du temps est donnée ci-après. La valeur crête du signal HF, « B », est la **puissance de pointe de l'enveloppe** (PEP) : l'émetteur ne peut pas fournir une puissance supérieure. C'est cette puissance qui est retenue pour la détermination de la puissance maximum autorisée (voir § R-2.2).



En l'absence de BF, la valeur du signal HF doit être de $B/2$ (zone 1 du schéma) ; une fois modulée par le signal BF (« enveloppe BF » en pointillé), le signal HF varie autour de $B/2$ (puissance moyenne lue par le wattmètre, la moitié de la puissance PEP) avec une valeur allant de « a » à « A », soit une variation de « b » (zone 2 du schéma). Si la BF est centrée par rapport à B, on a : $b = A - a$ et $B = A + a$.

Si l'enveloppe BF passe au dessus de « B » (zone 3) ou si l'enveloppe BF passe en dessous de 0 (zone 4), il y a **surmodulation** et distorsion du signal BF puisqu'une partie de celui-ci n'est pas émis. La modulation est optimisée lorsque la valeur « b » est la plus grande possible, sans toutefois que l'enveloppe BF dépasse les deux limites énoncées ci-dessus (0 et B) car, au-delà, les distorsions sont sévères.

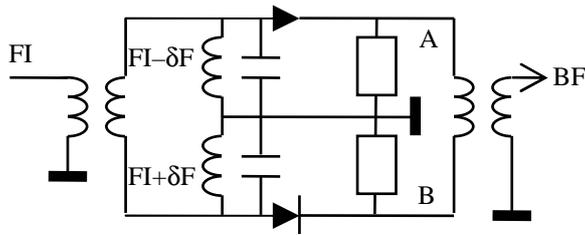
Le **taux de modulation** de l'AM est noté K (en %) et est calculé ainsi : $K(\%) = \frac{A - a}{A + a} = \frac{b}{B}$. Les valeurs B et b sont plus simples à conceptualiser tandis que les valeurs A et a sont plus simples à mesurer. Le taux de modulation obtenu par les valeurs A et a suppose que l'enveloppe BF soit centrée par rapport à la valeur crête de la porteuse (B) et que l'enveloppe BF reste comprise entre 0 et B. Pour éviter la surmodulation et optimiser le taux de modulation, le **compresseur** de modulation, situé entre l'amplificateur AF et le modulateur, est utilisé : les pointes du signal BF issu du microphone sont plus ou moins atténuées.

Exemple : dans la zone 2 du schéma, on mesure les valeurs : $A = 4,2 \text{ V}$ et $a = 1,8 \text{ V}$, quel est le taux de modulation ?
Réponse : $K = \frac{A - a}{A + a} = \frac{4,2 - 1,8}{4,2 + 1,8} = \frac{2,4}{6} = 0,4 = 40\%$. (2,4 V et 6 V sont les valeurs de b et B)

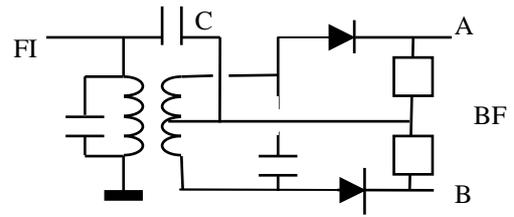
12.4) La Modulation de fréquence

La modulation de fréquence, FM, et la modulation de phase, PM, sont des modulations angulaires et possèdent des caractéristiques très proches. Si proche que les circuits de démodulation sont identiques et que nous parlons toujours de FM alors que nous avons souvent affaire à de la PM.

La FM est démodulée grâce à un **discriminateur FM** qui transforme les variations de la fréquence du signal à démoduler en variations de tension BF. Lorsque deux signaux FM sont présents à l'entrée du démodulateur, seul le signal le plus fort sera démodulé, contrairement à l'AM (et à la BLU) où les deux signaux seront extraits.



Un **détecteur de pente** est composé de deux circuits oscillants calculés pour les fréquences extrêmes d'excursion (convertisseur équilibré). Quand la fréquence à démoduler se rapproche de $FI - \delta F$, la tension en A est supérieure à celle en B.

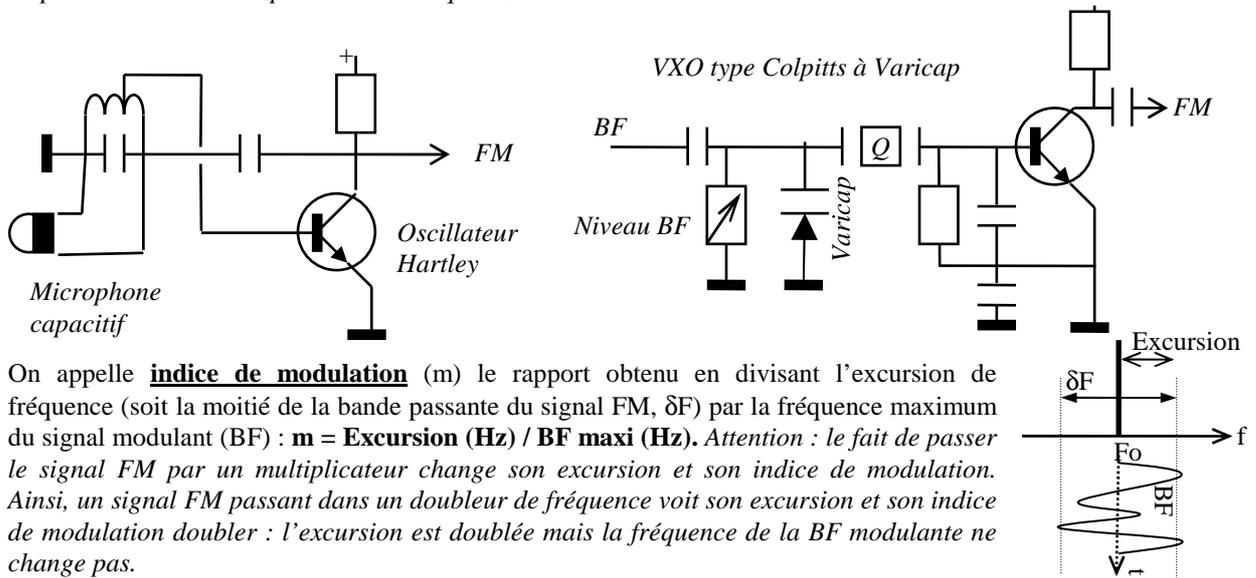


Le discriminateur de type **Foster-Seeley** fonctionne grâce au déphasage introduit par le condensateur C dans le deuxième circuit oscillant.

En l'absence de signal sur son entrée, le discriminateur génère du bruit. Pour éviter ce souffle, on utilise un **squelch** (ou silencieux) qui coupe l'alimentation d'un étage AF en l'absence de HF (ou en cas d'un niveau HF trop faible) à la sortie FI. En complément, un circuit **limiteur** situé à la sortie de la FI écrête les variations d'amplitude du signal FM dues, en particulier, aux parasites qui peuvent perturber le discriminateur.

Les discriminateurs modernes utilisent souvent une boucle PLL : la BF est récupérée sur l'entrée du VCO.

Un **modulateur FM** est un oscillateur à réactance transformant les variations de la BF en variations de fréquence (ou de phase). La réactance du modulateur est générée par un micro capacitif associé à un circuit LC ou par une diode Varicap associée à un quartz.



On appelle **indice de modulation** (m) le rapport obtenu en divisant l'excursion de fréquence (soit la moitié de la bande passante du signal FM, δF) par la fréquence maximum du signal modulant (BF) : $m = \text{Excursion (Hz)} / \text{BF maxi (Hz)}$. Attention : le fait de passer le signal FM par un multiplicateur change son excursion et son indice de modulation. Ainsi, un signal FM passant dans un doubleur de fréquence voit son excursion et son indice de modulation doubler : l'excursion est doublée mais la fréquence de la BF modulante ne change pas.

Lorsque l'indice de modulation est trop faible, la qualité du signal transmis se dégrade (bruit, surtout dans les aigus). Pour réduire ce bruit, le signal BF peut être modifié par un **préaccentuateur** qui renforce les aigus et qui est situé avant le modulateur FM. Le démodulateur FM sera alors constitué d'un **limiteur**, déjà évoqué plus haut, suivi du **discriminateur** et du **désaccentuateur** qui restitue la BF envoyée à l'étage d'amplification AF.

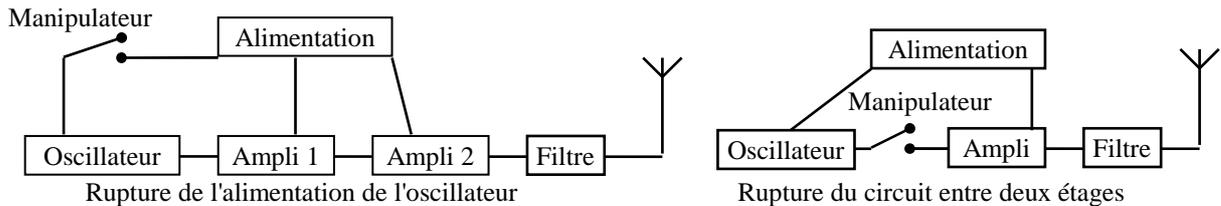
Exemple : quel est l'indice de modulation d'un signal FM transmis sur 144 MHz dont l'excursion est de 7,5 kHz et dont le spectre BF couvre une bande de 300 à 3.000 Hz?

Réponse : $m = \text{excursion} / \text{BF maxi} = 7,5 \text{ kHz} / 3.000 \text{ Hz} = 7,5 / 3 = 2,5$

La tension du signal FM en fonction du temps, $S(t)$, s'écrit ainsi (avec $F =$ fréquence de la porteuse, $f =$ fréquence de la BF modulante, $B =$ tension crête de la porteuse et $M =$ niveau BF déterminant l'indice de modulation) : $S(t) = \cos [2\pi[F + M \cdot \cos (2\pi f.t)].t].B$ tandis que le même signal modulé en phase s'écrit ainsi : $S(t) = \cos [2\pi.F.t + M \cdot \cos (2\pi f.t)].B$. On voit que ces deux fonctions sont très proches l'une de l'autre.

12.5) La manipulation pour coupure de porteuse, CW (de l'anglais Continuous Waves, traduit en français par ondes entretenues). Ce terme « ondes entretenues » tire son origine des années 1910. A cette époque, la technique de l'émission est passée de l'éclateur générant une onde amortie qui couvrait une gamme de fréquence très étendue à des oscillateurs générant une onde entretenue beaucoup plus pure. C'est cette technique de l'onde entretenue qui a permis le développement de la TSF au début du XX^{ème} siècle.

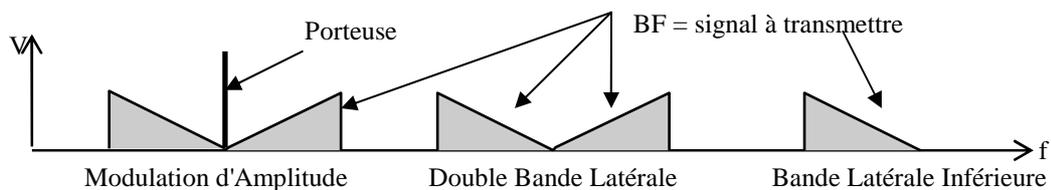
La CW peut être modulée par rupture d'alimentation sur différents étages : oscillateur, FI, amplificateur final. La modulation peut être aussi effectuée par rupture de liaison entre deux étages.



Lorsque le signal est modulé par rupture de l'alimentation de l'oscillateur, la stabilité de ce dernier peut être détériorée ce qui génère des **piaillements** en réception. La manipulation par rupture entre les étages provoque, quant à elle, d'importantes variations d'impédance de charge des étages suivants, pouvant générer des **claquements** en réception. La CW est démodulée de la même manière que la BLU (voir § suivant).

12.6) La Bande Latérale Unique (BLU)

Modulation BLU : la BLU est une forme de modulation d'amplitude. Quand un signal AM est représentée en fonction de la fréquence, la porteuse ne transmet aucun signal BF et les signaux BF se situent au dessus et au dessous de la fréquence de la porteuse : les fréquences BF et porteuse sont mélangées, donnant la résultante porteuse + BF et porteuse - BF. La BF est donc présente deux fois dans les deux bandes latérales. Pour réduire le spectre d'occupation et les puissances mises en jeu, seule la **bande latérale inférieure** ou **supérieure** est conservée. Attention : les deux bandes latérales ne sont pas les enveloppes BF situées en haut et en bas de la représentation de l'AM en fonction du temps.



La tension du signal AM en fonction du temps, $S(t)$, s'écrit ainsi (avec $K =$ taux de modulation, $P =$ tension crête de la porteuse sans modulation ($= B / 2$), $F =$ fréquence de la porteuse et $f =$ fréquence de la BF modulante) :

$$S(t) = \underset{\text{Porteuse}}{P \cdot \cos(2\pi F.t)} \cdot [1 + \underset{\text{BF}}{K \cos(2\pi f.t)}] \quad \text{donc } S(t) = \underset{\text{Porteuse}}{P \cdot \cos(2\pi F.t)} + \underset{\text{Bandes latérales}}{P \cdot K \cdot [\cos(2\pi f.t) \cdot \cos(2\pi F.t)]}$$

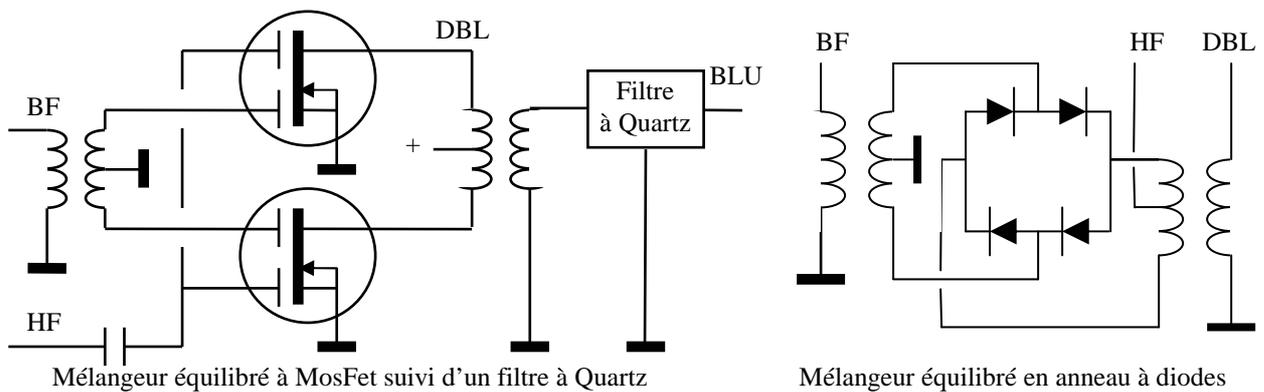
On sait par ailleurs que : $\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$

$$\text{donc : } S(t) = \underset{\text{Porteuse}}{P \cdot \cos(2\pi F.t)} + \frac{1}{2} \cdot \underset{\text{BLS}}{P \cdot K \cdot [\cos(2\pi F.t + 2\pi f.t) + \cos(2\pi F.t - 2\pi f.t)]}$$

Si le taux de modulation, K , est égal à 100% (dans le meilleur des cas), la tension de la porteuse est le double de celle des deux bandes latérales (voir schéma ci-dessus). En terme de puissance, la porteuse contient les deux tiers de la puissance émise et les deux bandes latérales contiennent le reste. Sur 150 W émis et avec $K = 100\%$, la porteuse contient 100 W et chaque bande latérale contient 25 W. La puissance des bandes latérales est donc au mieux 6 dB en dessous de la puissance de la porteuse (4 fois moindre).

Pour générer de la BLU, un **mélangeur équilibré** est utilisé. Il génère de la double bande latérale (DBL = BLI + BLS) puis la bande latérale désirée est filtrée grâce à un filtre à quartz. Lorsqu'il n'y a pas de signal B.F., le transformateur de sortie est équilibré. Il n'y a donc pas de H.F. Par contre, en présence d'un signal B.F., l'ensemble est déséquilibré et la H.F. (DBL) passe.

Dans le **mélangeur équilibré à diodes en anneau**, le sens des diodes est différent de celui du pont redresseur : les diodes sont les unes derrière les autres (en anneau). Le mélangeur à diodes est monté dans un boîtier à quatre broches (2 entrées, 1 sortie et une masse) intégrant non seulement les 4 diodes mais aussi les transformateurs.

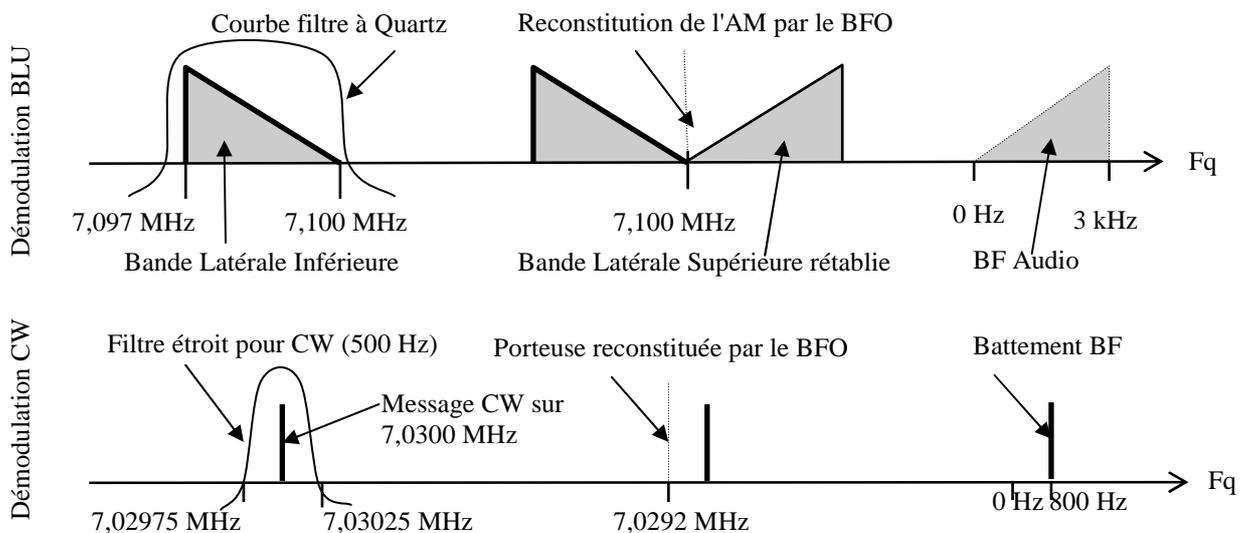


Mélangeur équilibré à MosFet suivi d'un filtre à Quartz Mélangeur équilibré en anneau à diodes

Un **filtre à quartz** est composé de condensateurs à quartz (voir § 7.5) montés en série et taillés pour une fréquence proche de celle du filtre. Ce type de filtre possède des pentes très raides car un signal adjacent à 200 Hz (écart entre la BLI et la BLS) doit pouvoir être ramené à - 60 dB par rapport au signal utile.

Le **générateur deux tons**, dont la possession est obligatoire pour toutes les stations émettant en BLU (voir § R-1.3), permet de vérifier la linéarité de l'émetteur : deux signaux BF sinusoïdaux, de même niveau et non harmoniques (par exemple : 900 et 1700 Hz) sont appliqués à l'entrée microphonique de l'émetteur. Un analyseur de spectre, branché à la sortie de l'émetteur, ne devra faire apparaître aucune distorsion de fréquences (les deux signaux auront le même niveau) ni aucun autre signal parasite, signe du manque de linéarité d'un étage. A défaut d'analyseur de spectre, le signal sera vérifié à l'aide d'un récepteur soit auditivement soit avec un programme informatique adapté en branchant la sortie BF du récepteur sur la carte son d'un micro-ordinateur.

Le système qui permet de **démoduler la CW et la BLU** se nomme un **BFO (Oscillateur de Battement de Fréquence)**. Le BFO est un oscillateur fixe qui génère une fréquence proche de la fréquence à démoduler. Il rétablit la porteuse supprimée à l'émission pour générer de l'AM ou pour générer une note audible en CW. Le mélangeur du BFO est suivi d'une détection AM.



Comme indiqué au § 12.1, le spectre BF est représenté par un triangle ce qui permet de différencier le bas et le haut du spectre BF. En revanche, cette représentation ne signifie pas que la tension ou la puissance du signal BF est plus faible vers 0 Hz.

En CW, l'écart entre la fréquence issue de la FI et celle du BFO donne en les mélangeant une fréquence audible (800 Hz environ). En BLU, la fréquence du BFO correspond à la fréquence théorique de la porteuse supprimée à l'émission. En BLU comme en CW, la fréquence affichée par le transceiver est la fréquence de la porteuse (dans nos exemples : 7,030 MHz en CW et 7,100 MHz, fréquence de la porteuse supprimée en BLI), ce qui signifie qu'en BLU, il n'y a aucune émission sur la fréquence affichée par l'émetteur.

TROISIÈME PARTIE

ANNEXES

Principales formules à connaître pour passer l'examen

Feuille d'évaluation

Bibliographie, adresses et coordonnées

Exercices

Principales formules à connaître pour passer l'examen

Entre parenthèses sont notées les unités à utiliser. Sous certaines formules, en italique, séquence des opérations à effectuer sur une calculatrice, opérations en écriture naturelle et opérations avec formules simplifiées.

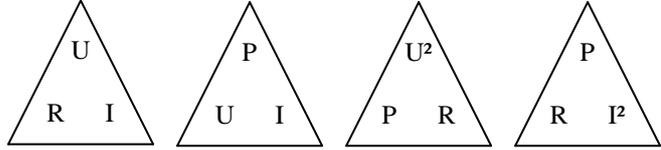
Chapitre 0 : Rappel d'algèbre

- Table de conversion

	G	M	k	unité	m	μ	n	p

Chapitre 1 : Lois d'Ohm et de Joule

- Lois d'Ohm et de Joule :
 - o $U(V) = R(\Omega) \cdot I(A)$
 - o $P(W) = U(V) \cdot I(A)$
 - o $P(W) = U^2(V) / R(\Omega)$
 - o $P(W) = R(\Omega) \cdot I^2(A)$
 - o $Q(C) = I(A) \cdot t(s)$
 - o E ou $W(J) = P(W) \cdot t(s) = U(V) \cdot Q(C)$
- Résistivité : $R(\Omega) = \rho(\Omega/m) \cdot L(m) / S(m^2)$
- Groupements de résistances en série :
 - o $R_t = R_1 + R_2 + \dots$
 - o $U_{R1} = U_t \cdot (R_1 / R_t)$
 - o $U_t = U_{R1} + U_{R2} + \dots$
- Groupements de résistances en parallèle :
 - o $R_t = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2)$ ou $1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$
 - $I \div (I \div R_1 + I \div R_2 + \dots) = R_t$
 - o $I_{R1} = I_t \cdot (R_t / R_1)$
 - o $I_t = I_{R1} + I_{R2} + \dots$



Code des couleurs	
Ne	0
Mangez	1
Rien	2
Ou	3
Je	4
Vous	5
Battrai	6
VIOlemment	7
Grand	8
BOA	9

Chapitre 2 : Courants alternatifs sinusoïdaux, bobines et condensateurs

- Courants alternatifs sinusoïdaux :
 - o Période (t) et fréquence (Fq) : $t(s) = 1 / Fq(Hz)$
 - o Pulsation : $\omega(rad/s) = 2 \cdot \pi \cdot F(Hz)$
 - o Valeurs efficaces / maximum : $V_{eff} = 0,707 V_{max} = V_{max} / \sqrt{2}$ ou $V_{max} = 1,414 V_{eff} = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$
 - o Valeurs crête à crête : $V_{càc} = 2 V_{max} = 2,828 V_{eff}$
- Bobines :
 - o Valeur d'une bobine : $L(H) = F \cdot N^2 \cdot D^2$
 - o Impédance : $Z(\Omega) = \omega(rad/s) \cdot L(H) = 2 \cdot \pi \cdot F(Hz) \cdot L(H)$
 - $2 \times [\pi] \times F \times L = Z$ (identique en écriture naturelle)
 - *formule simplifiée* : $6,28 \times F(MHz) \times L(\mu H) = Z(\Omega)$
 - o Montage série : $L_t = L_1 + L_2 + M$
- Condensateurs :
 - o Valeur de la capacité d'un condensateur : $C(F) = d \cdot S(m^2) / E(m)$
 - o Quantité d'électricité emmagasinée : $Q(C) = C(F) \cdot U(V)$
 - o Quantité d'énergie emmagasinée : $E(J) = \frac{1}{2} \cdot Q(C) \cdot U(V) = \frac{1}{2} C(F) \cdot U^2(V)$
 - o Impédance : $Z(\Omega) = 1 / [\omega(rad/s) \cdot C(F)] = 1 / [2 \cdot \pi \cdot F(Hz) \cdot C(F)]$
 - $2 \times [\pi] \times F \times C [1/x] = Z$
 - *ou* : $1 \div (2 \times [\pi] \times F \times C) = Z$
 - *formule simplifiée* : $159 \div F(MHz) \div C(nF) = Z(\Omega)$
 - o Montage série : $C_t = (C_1 \cdot C_2) / (C_1 + C_2)$ ou $1/C_t = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots$
 - o Montage parallèle : $C_t = C_1 + C_2 + \dots$
 - o Temps de charge (ou de décharge) d'un condensateur : $t(s) = R(\Omega) \cdot C(F)$
 - *formule simplifiée* : $t(ms) = R(k\Omega) \cdot C(\mu F)$

Chapitre 3 : Transformateurs, piles et galvanomètres

- Transformateur sans perte:
 - o Rapport de transformation : $N = n_s / n_p$
 - o Transformation de tension : $U_s = U_p \cdot N$
 - o Transformation d'intensité : $I_s = I_p / N$
 - o Transformation d'impédance : $Z_s = Z_p \cdot N^2$
 - o Rendement : $\eta = P_s / P_p$
- Piles et accumulateurs :
 - o Résistance interne : $R_i(\Omega) = [E(V) - U(V)] / I(A) = [E(V) / I(A)] - R(\Omega)$
 - o Force électromotrice : $E(V) = [R(\Omega) + R_i(\Omega)] \cdot I(A)$
 - o Capacité : 1 Ah = 3600 C

N	U _s	I _p	n _s	√Z _s
1	U _p	I _s	n _p	√Z _p

- Galvanomètres :
 - o Voltmètre : $U_T = U_R + U_g$ et $R = (U_T / I_g) - R_i$
 - o Ampèremètre : $I_T = I_g + I_R$ et $R = U / (I_T - I_g)$
 - o Qualité des voltmètres : $Q(\Omega/V) = (R + R_i) / U_{\text{calibre}} = 1 / I_g$

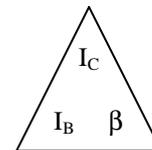
Chapitre 4 : Décibels, circuits RC et L-C, loi de Thomson

- Décibels :
 - o $G(\text{dB}) = 10 \log (P_s / P_e)$; $P_s / P_e = \text{Rapport de puissance}$
 - $\text{Rapport} \Rightarrow \text{dB} : \text{Rapport} [\text{LOG}] \times 10 = \text{dB}$; $\text{dB} \Rightarrow \text{Rapport} : \text{dB} \div 10 [10^x] = \text{Rapport}$
 - ou $10 \times [\text{LOG}] \text{ Rapport} = \text{dB}$; $10 [^] (\text{dB} \div 10) = \text{Rapport}$
- Circuits RC :
 - o Fréquence de coupure : $F(\text{Hz}) = 1 / [2 \cdot \pi \cdot R(\Omega) \cdot C(\text{F})]$
 - $R \times C \times 2 \times [\pi] [1/x] = F$
 - ou : $1 \div (2 \times [\pi] \times R \times C) = F$
 - formule simplifiée : $159 \div R(k\Omega) \div C(\mu\text{F}) = F(\text{Hz})$
- Circuits LC et RLC :
 - o Fréquence de coupure ou de résonance : $F(\text{Hz}) = 1 / (2 \cdot \pi \cdot \sqrt{[L(\text{H}) \cdot C(\text{F})]})$
 - $L \times C [\sqrt{]} \times 2 \times [\pi] [1/x] = F$
 - ou : $1 \div (2 \times [\pi] \times \sqrt{L \times C}) = F$
 - formule simplifiée : $159 \div \sqrt{[L(\mu\text{H}) \times C(\text{pF})]} = F(\text{MHz})$
 - o Impédance d'un circuit RLC série ou parallèle à la résonance : $Z_{\text{série}}(\Omega) = Z_{\text{parallèle}}(\Omega) = R(\Omega)$
 - o Impédance d'un circuit RLC bouchon à la résonance : $Z_{\text{bouchon}}(\Omega) = L(\text{H}) / [R(\Omega) \cdot C(\text{F})]$
 - $L \div C \div R = Z$ (identique en écriture naturelle)
 - Formule simplifiée : $L(\mu\text{H}) \div R(k\Omega) \div C(\text{pF}) = Z_{\text{bouchon}}(k\Omega)$
 - o Facteur Q d'un circuit bouchon : $Q_{\text{bouchon}} = Z / R = L(\text{H}) / [C(\text{F}) \cdot R^2(\Omega)]$
 - $L \div C \div R \div R = Q_{\text{bouchon}}$ (identique en écriture naturelle)
 - Formule simplifiée : $L(\mu\text{H}) \div R(k\Omega) \div C(\text{pF}) \div R(k\Omega) = Q_{\text{bouchon}}$
 - o Bande passante à -3dB d'un circuit RLC : $B(\text{Hz}) = F_0(\text{Hz}) / Q$
 - o Taux de sélectivité (%) = (bande passante à -3 dB / bande passante à -60 dB) x 100
 - o Facteur de forme = bande passante à -60 dB / bande passante à -3 dB

Rapport	dB
1	0
2	3
4	6
8	9
nombre de 0	dizaine de dB

Chapitre 6 : Les transistors et leurs montages

- Gain d'un transistor monté en émetteur commun : $I_c = \beta \cdot I_b$
- Intensité dans l'émetteur d'un transistor : $I_e = I_b + I_c$



Chapitre 7 : Amplificateurs, oscillateurs et mélangeurs

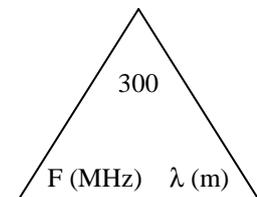
- Taux de distorsion harmonique (TDH en %) : (Tension parasite / Tension désirée) x 100
- Fréquences à la sortie d'un mélangeur : $F_{\text{max}} = F_1 + F_2$ et $F_{\text{min}} = F_1 - F_2$ (ou $F_2 - F_1$)
- Fréquences à l'entrée d'un mélangeur : $F_1 = (F_{\text{max}} - F_{\text{min}}) / 2$ et $F_2 = F_{\text{max}} - F_1$

Chapitre 8 : Amplificateurs opérationnels et circuits logiques

- Gain du montage fondamental : $G = - (R_2 / R_1)$
- Tension de sortie du montage fondamental : $U_s = U_e \times G = - [U_e \times (R_2 / R_1)]$

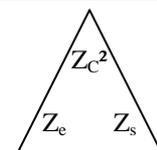
Chapitre 9 : Propagation et antennes

- Relation longueur d'onde / fréquence : $\lambda(\text{m}) = 300 / F(\text{MHz})$
- Longueur théorique d'un doublet demi-onde : $L(\text{m}) = 150 / F(\text{MHz})$
- Longueur théorique d'une antenne quart d'onde : $L(\text{m}) = 75 / F(\text{MHz})$
- Puissance apparente rayonnée : $\text{PAR}(\text{W}) = P_{\text{émetteur}}(\text{W}) \times G_{\text{antenne}}(\text{rapport arithmétique})$



Chapitre 10 : Lignes de transmission et adaptations

- Impédance d'une ligne de transmission : $Z(\Omega) = \sqrt{[L(\text{H}) / C(\text{F})]}$
- ROS = Z plus forte / Z plus faible = $V_{\text{maxi}} / V_{\text{mini}}$
- $\rho = (V_{\text{maxi}} - V_{\text{mini}}) / (V_{\text{maxi}} + V_{\text{mini}})$
- $\rho = U_{\text{réfléchi}}(\text{V}) / U_{\text{émise}}(\text{V}) = I_{\text{réfléchi}}(\text{A}) / I_{\text{émise}}(\text{A}) = \sqrt{[P_{\text{réfléchi}}(\text{W}) / P_{\text{émise}}(\text{W})]}$
- TOS (%) = $\rho \times 100$
- $P_{\text{réfléchi}}(\text{W}) = P_{\text{émise}}(\text{W}) \times \rho^2$
- Impédance des lignes quart d'onde : $Z_C^2 = Z_e \times Z_s$
- Impédance des lignes demi-onde : $Z_e = Z_s$ quelle que soit Z_C



Chapitre 11 : Les synoptiques

- Fréquence image : le calcul varie selon le type du changement de fréquence du récepteur :
- Supradyné : $F_{\text{im}} = HF + 2.FO$; infradyne et $FO > FI$: $F_{\text{im}} = HF + 2.FI$; infradyne et $FI > FO$: $F_{\text{im}} = HF - 2.FO$

Chapitre 12 : Les différents types de modulation

- Taux de modulation AM : $K(\%) = (A - a) / (A + a) = b / B$
- Indice de modulation FM : $m = \text{Excursion FM (Hz)} / \text{BF maxi (Hz)}$

Feuille d'évaluation de l'examen du / /200 .

Question n°	A	B	C	D	Rien	thème revoir	écran n°
1-							
2-							
3-							
4-							
5-							
6-							
7-							
8-							
9-							
10-							
11-							
12-							
13-							
14-							
15-							
16-							
17-							
18-							
19-							
20-							

Epreuve de (cocher la case)
 Technique:
 20 questions en 30 minutes ; 30/60
 Réglementation :
 20 questions en 15 minutes ; 30/60

Ne répondez aux questions que si vous êtes sûr de votre réponse.

Ne perdez pas inutilement votre temps sur une question qui vous semble difficile, vous la retrouverez au passage suivant

POUR REpondre A UNE QUESTION,
 Tapez la **lettre** de votre réponse puis
"ENVOI"

POUR PASSER UNE QUESTION,
 Tapez **"SUITE"**

POUR ANNULER ou MODIFIER UNE REponse, Tapez **"E"** puis **"ENVOI"**. Pour enregistrer une nouvelle réponse, tapez sa **lettre** puis **"ENVOI"**

APRES LA QUESTION N°20, LE PROGRAMME REVIENT A LA QUESTION N°1

QUAND VOUS AVEZ TERMINE
 Vérifiez une dernière fois que toutes les réponses ont bien été enregistrées en tapant « Suite » à chaque question.
 Enfin, tapez **"F-I-N"** puis **"ENVOI"**

Commentaires :

NOM : _____
 Prénom : _____
 Centre d'examen : _____
 Date de l'examen : / /200
 N° d'examen (à 5 chiffres) : _____

DECOMPTE DES POINTS :

3 points pour une bonne réponse ; -1 point pour une mauvaise réponse ; 0 point pour pas de réponse

Noter si possible le numéro d'écran (en haut à gauche de l'écran du Minitel) correspondant à chacune de vos questions :

« Ecr xxxx » (xxxx est le numéro de la question à 4 chiffres)

En cas de doute sur la formulation d'une question ou sur les réponses proposées, ce numéro permettra éventuellement à la CNFRA d'intervenir auprès des instances de tutelle. Transmettez vos commentaires éventuels sur le déroulement des épreuves ou sur les problèmes rencontrés par courrier à :

REF-Union – CNFRA – 32 rue de Suède – BP 7429 – 37074 TOURS Cedex 2

en précisant dans le cadre du bas vos Nom et prénom, le centre d'examen, la date de l'examen ainsi que son numéro (code à 5 chiffres figurant sur la feuille de résultat qui vous est remise à l'issue de l'épreuve).

Bibliographie, adresses et coordonnées

Réglementation :

- Guide du Radioamateur édition 2005 (vendu par le service Fournitures du REF-Union)
- Consultez la sélection des textes français et internationaux : <http://f6kgl.f5kff.free.fr/Reglementation.pdf>

Technique : des articles de différents niveaux (débutant à hautement confirmé) sont à lire dans les revues suivantes :

- Radio REF, revue du REF-Union (voir adresse dans Associations)
- Mégahertz Magazine – 1 traverse Boyer – 13720 La Bouilladisse – <http://www.megahertz-magazine.com>
- Ondes Magazine – Les Combes – 87200 St Martin de Jussac – <http://www.ondesmagazine.com/>
- Ondes Courtes Informations, revue de l'URC (voir adresse dans Associations)

De nombreux sites Internet ont été créés pour et par des radioamateurs. Pour ne citer que les français, on retiendra :

- Le traité d'électricité et d'électronique pour le radioamateur par F6CRP : <http://assoc.orange.fr/f6crp/elec/index.htm>
- Le manuel Internet des radioamateurs par F5ZV : <http://perso.orange.fr/f5zv/RADIO/RM/RM.html>.

Entraînement : plusieurs possibilités d'entraînement :

- Sur Minitel : 3614 code AMAT, le serveur de l'ARCEP (ex ART) où sont disponibles l'annuaire des radioamateurs, les renseignements administratifs et des exercices d'entraînement aux certificats d'opérateur.
- Sur Internet : les sites proposant des entraînements à l'examen foisonnent. On retiendra les pages suivantes :
 - o Exam'1 F0 et F4 sur le site de F5AXG : <http://www.f5axg.org>. Ces logiciels rendent bien compte de la difficulté de représenter des schémas et d'utiliser des caractères spéciaux (Ω , ω et $\sqrt{\quad}$ par exemple) sur un minitel et permettent de s'entraîner dans des conditions proches de la réalité.
 - o Licencer@ : <http://licencer.free.fr>. Exercices et QCM interactifs pour les examens F0 et F4 par F8DML
 - o Visitez le site : http://fr.groups.yahoo.com/group/examen_f0_f4/messages qui met à disposition des comptes rendus d'épreuves communiqués par des candidats ayant passé l'examen. N'hésitez pas, vous aussi, à alimenter cette base de données lorsque vous passerez l'examen en me faisant parvenir par mail un compte rendu détaillé.
 - o Sur la page Formation du site du radio-club de la Haute Île, consultez la synthèse des questions d'examen F4 issues de la liste de diffusion citée ci-dessus (<http://f6kgl.f5kff.free.fr/questionsf4.pdf>).

Adresses :

- Associations :
 - o Réseau des Emetteurs Français, REF-Union (Organe officiel IARU)
32 rue de Suède, B.P. 7429, 37074 TOURS Cedex 2
Tel : 02 47 41 88 73 - Fax : 02 47 41 88 88 - Site : <http://www.ref-union.org/>
 - o Union des Radio Clubs, 25 allée des Princes, 95440 Écouen - Site : <http://www.urc.asso.fr>
- Administration de tutelle :
Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes (ARCEP, ex ART)
7 square Max HYMANS - 75730 PARIS Cedex 15
Tél : 01 40 47 71 98 - Site internet : <http://www.arcep.fr>
- Gestion des indicatifs et des dossiers des radioamateurs :
C.G.R. - Route de la Queue en Brie - NOISEAU - B.P. 61 - 94371 SUCY en Brie Cedex
Tél. : 01 45 95 33 69 - Fax : 01 45 90 91 67
- Centres d'examen : toutes les coordonnées des centres d'examen et les plans d'accès sont disponibles sur le site de l'ANFr (<http://www.anfr.fr/index.php?&page=contact>) et sur Minitel (3614 AMAT) :

o Paris et Centre :	Villejuif (94), 112 rue Edouard Vaillant	01 49 58 31 00
o Nord :	Le Portel (62), route du Cap	03 21 80 12 07
o Est :	Villers les Nancy (54), 7 allée de Longchamp	03 83 44 70 07
o Rhône Alpes :	St André de Corcy (01), route de Neuville	04 72 26 80 03
o Sud Est :	Aix en Provence (13), Europarc de Pichaury, 1330 rue G. de la Lauzière	04 42 12 10 10
o Sud Ouest :	Tournefeuille (31), 4 Boulevard Marcel Proust	05 61 15 94 30
o Ouest :	Donges (44), La Pommeraie	02 40 45 36 36
o Pour les examens dans les DOM, renseignements et inscriptions auprès de l'ANFr		01 45 18 72 73
o Et pour les TOM, contacter le bureau des postes et télécommunications d'outre-mer de la DGE		01 53 44 96 94

Rien ne vous interdit de passer l'examen dans un centre différent de celui dont vous dépendez. De plus, des sessions d'examen peuvent être organisées en dehors des centres d'examen sous certaines conditions : le lieu de l'examen doit être adapté et distant de plus de 100 km d'un centre ; le nombre de candidats doit être supérieur à 10.

BONNE CHANCE ET A BIENTOT SUR L'AIR

F6GPX, Jean-Luc
jfortin@club.fr

Exercices

Introduction

Présentation et conseils aux candidats

Ces exercices sont le complément du fascicule de technique et réglementation. Les exercices sont regroupés 10 par 10 et se présentent sous forme de Questions à Choix Multiples (QCM).

Pour chaque série d'exercices, il est indiqué le thème traité, le numéro de la série et le temps alloué pour répondre aux questions. Ce temps varie selon la difficulté des questions et la longueur des calculs à effectuer. Les dix questions se présentent dans le même esprit que pour l'examen : une question et 4 réponses dont une seule est juste. Il faudra faire attention aux représentations schématiques le jour de l'examen : le Minitel se prête mal aux dessins et schémas. Le passage de l'examen sur un micro-ordinateur, annoncé pour début 2008, devrait solutionner ces difficultés. Au bas de la feuille, il est possible de faire le décompte des points et de vérifier son niveau.

Le décompte des points des exercices est : 3 points pour une bonne réponse, -1 point pour une réponse fautive, 0 point pour pas de réponse. Il faut 15 points pour avoir la moyenne.

Les réponses sont au dos de la série de questions. Toutes les réponses sont commentées et se réfèrent toujours à un paragraphe du cours. La partie des réponses qui nécessite l'emploi d'une calculatrice est éditée en italique. Les étapes de calcul sont éditées comme dans le cours (voir § 0-3 du cours).

Les exercices sont regroupés en 3 sections : Chapitre par chapitre, Progression, Examens blancs (Réglementation puis Technique). Les questions ne portent jamais sur les parties du cours éditées en italique ni sur les formules qui ne sont pas en gras, c'est-à-dire ce qui, à notre opinion, est au-delà du niveau demandé pour passer l'examen.

Les exercices sur les chapitres regroupent tous les types de questions que l'on peut poser sur les différents chapitres du cours. Les 21 premières séries de questions concernent la Réglementation et la Technique chapitre par chapitre.

Les exercices de progression permettent de revoir les différentes questions sur les chapitres et de mélanger les thèmes. Les 5 premières questions de la série se réfèrent au thème de la série (un ou plusieurs chapitres du cours), les 5 dernières questions portent sur les chapitres des séries précédentes. Ce sont les séries de questions 22 à 32.

Les dernières séries sont des examens blancs où tous les thèmes sont abordés. Les séries portent sur la réglementation, puis sur la technique. Ce sont les séries numérotées de 33 à 50.

Le certificat d'opérateur Novice (classe 3) n'est pas un ghetto : commencez par celui-ci si la technique vous fait peur... Et, pour ceux qui sont à l'aise en Technique, n'oubliez jamais que seule la réussite à la Réglementation peut vous donner une autorisation d'émettre.

Le texte des programmes des examens est joint à ce document. Les questions de technique posées lors de l'examen de réglementation (chapitre 3 et 4 du programme de l'examen de réglementation) peuvent poser des problèmes quant à l'interprétation du texte : nous avons à chaque fois commenté ces questions et défini ce qui était, à notre opinion, les sujets « hors programme ». Noter si possible le numéro d'écran (en haut à gauche de l'écran du Minitel) correspondant à chacune de vos questions : « **Ecr 000** ». En cas de doute sur la formulation d'une question ou sur les réponses proposées, ce numéro permettra à la CNFRA d'intervenir auprès des instances de tutelle. Transmettez vos commentaires sur le déroulement des épreuves ou sur les problèmes rencontrés par courrier à : REF-Union – CNFRA – 32 rue de Suède – BP 7429 – 37074 TOURS Cedex 2 en précisant votre nom, le centre d'examen, la date et le numéro d'examen (code à 5 chiffres figurant sur le résultat de l'examen).

Pensez à développer une stratégie pour le calcul des points. Voir l'Introduction au Cours (§ Intro 2-e). Aidez-vous pour cela de la feuille d'évaluation en annexe du Cours. Reportez-vous à l'Introduction de Cours (§ Intro 2 et 3) pour les détails du passage de l'examen.

N'oubliez pas le Minitel pour vous entraîner (3614 AMAT). Vous apprendrez ainsi à manipuler les touches du Minitel et vous serez en pays de connaissance le jour de l'examen. On peut aussi récupérer sur Internet les logiciels Exam'1 développés par F5AXG (<http://www.f5axg.org>) qui simulent parfaitement l'examen.

Enfin, visitez le site « Examen F0 F4 » (http://fr.groups.yahoo.com/group/examen_f0_f4/messages) qui met à disposition des comptes rendus récents d'examen. Une fois l'examen passé (et, je l'espère, réussi), vous pouvez vous aussi enrichir cette base de données et aider par votre expérience les futurs candidats en me faisant parvenir par mail votre compte rendu le plus détaillé possible.

Bonne chance et à bientôt sur l'air.
F6GPX, Jean-Luc (jfortin@club.fr)

Liste des thèmes par séries

I- Première section : Chapitre par chapitre

I-A Réglementation

Chapitre 1	Série 1
Chapitre 2	Série 2
Chapitre 3	Série 3
Chapitre 4	Série 4
Chapitre 5	Séries 2 et 4

I-B Technique

Chapitre 1	Séries 5, 6 et 7
Chapitre 2	Séries 8 et 9
Chapitre 3	Séries 10 et 11
Chapitre 4	Séries 12, 13 et 16
Chapitre 5	Série 14
Chapitre 6	Série 14
Chapitre 7	Série 15
Chapitre 8	Série 16
Chapitre 9	Séries 17, 18 et 19
Chapitre 10	Séries 18 et 19
Chapitre 11	Série 20
Chapitre 12	Série 21

II - Deuxième section : Progression

1 - Chapitre T1	Série 22
2 - Chapitre T2	Série 23
3 - Chapitre R1	Série 24
4 - Chapitre T4	Série 25
5 - Chapitre R2	Série 26
6 - Chapitre T3	Série 27
7 - Chapitre R3	Série 28
8 - Chapitre T5, T6 et T7	Série 29
9 - Chapitre T8 et T9	Série 30
10 - Chapitre R4 et R5	Série 31
11 - Chapitre T11 et T12	Série 32

III - Troisième section : Examens blancs

III - A : Réglementation	Séries 33 à 41
III - B : Technique	Séries 42 à 50

Hors Série :

Chapitre T0	16 exercices de calcul en notation scientifique
-------------------	---

Liste des questions par références

Références	Questions (3-6 signifie : « Question 6 de la Série n° 3 »)
EPREUVE de REGLEMENTATION	
R1-1 Textes UIT	36-2 38-4
R1-1 Textes CEPT	41-4
R1-1 Textes français	41-5
R1-2 Classes d'émission	1-1 1-2 1-3 24-1 24-2 25-6 33-6 34-2 35-1 40-3 41-1
R1-3 Précision de l'affichage	1-4 1-5 1-9 24-3 33-7 38-1
R1-3 Stabilité de l'émetteur	1-6 36-6 39-1 40-6
R1-3 Générateur 2 tons	1-7 35-3 36-3 37-1 37-8
R1-3 Excursion FM	1-7 1-9 24-4 35-2 38-2 41-2
R1-3 Extrémité de bande	1-9
R1-3 Perturbations Réseau EdF	1-10 35-8 38-6 39-3
R1-3 Rayonnements non essentiels	1-8 24-5 33-5 34-1 37-3
R1-3 Filtrage alimentation	1-9 37-1 40-6
R2-1 Tableau Bandes	2-3 2-4 2-5 2-6 2-7 26-1 26-3 26-4 30-9 33-4 34-3 35-5 36-4 37-5 38-3 39-5 40-5 40-9 41-3
R2-1 Régions UIT	2-8
R2-2 Puissances autorisées	2-9 2-10 33-3 34-5 37-6 39-7 41-7
R3-1 Epellation	3-1 3-2 3-3 28-1 28-2 31-8 33-8 34-6 35-10 38-7
R3-2 Code Q	3-4 3-5
R3-3 Déroulement d'un contact	3-6 3-7 3-8 28-3 28-4 30-7 33-2
R3-4 Teneur conversations	3-9 3-10 28-5 36-10 38-8
R4-1 Carnet de trafic	4-1 4-2 31-1 33-9 34-10 36-9
R4-2 Cas particuliers d'exploitation	4-3 4-4 4-5 31-4 35-4 37-10 40-2 41-10
R4-3 Opérateurs	31-5 37-4 39-2
R4-4 Sanctions	39-9
R4-5 Examen	41-8
R4-6 Formation des indicatifs	4-8 4-9 4-10 31-3 34-8 34-9 35-9 36-1 36-5 36-7 36-8 37-2 37-7 37-9 38-10 39-8 39-10 40-1 40-7 41-9
R4-7 Utilisation CEPT	40-4 41-6
R5-1 Décibels	4-6 31-2 33-1 40-10
R5-2 Lignes de transmission	35-7 38-5 38-9
R5-2 Antennes	4-7 31-7 33-10 34-4 34-7 35-6 39-6 40-8
R5-4 Intermodulation et CEM	2-1 26-2 26-5 28-8 29-7 39-4
R5-5 Protection	2-2
EPREUVE de TECHNIQUE	
T1-1 Bases d'électricité	6-2
T1-2 Loi d'Ohm et de Joule	5-4 5-5 5-6 5-7 5-8 5-9 6-1 6-10 22-3 22-4 22-5 22-6 23-6 25-9 26-10 27-8 27-9 29-10 31-10 42-2 44-3 45-4 47-4 48-6 48-8 49-4 50-6
T1-3 Coulomb et Joule	7-9
T1-4 Résistivité	7-10 25-10 48-5
T1-5 Code des couleurs	5-1 5-2 5-3 22-1 22-2 23-7 25-8 30-10 42-1 43-1 44-6 46-4 48-7 50-3
T1-7 Groupement Résistances Série	6-8 7-1 7-2 7-3 7-4 22-7 22-9 23-9 23-10 24-6 42-4 43-3 44-7 46-7 48-3 50-8
T1-7 Groupement Résistances Parallèle	6-3 6-4 6-5 6-6 6-7 7-5 7-6 22-8 23-8 24-8 42-3 47-8 50-7
T1-7 Groupement Résistances Complexe	6-9 7-7 7-8 22-10 27-10 28-10 29-9 43-2 47-7
T2-1 Durée / période	8-1 8-2 24-7 47-10
T2-1 Pulsation	8-3 8-4 8-5 9-9 23-1 28-9 43-4
T2-2 Valeurs max / eff	8-6 9-1 9-2 9-3 23-2 23-3 42-5 44-2 46-8 49-6 50-10
T2-3 Condensateurs Q	8-7 47-9 48-9
T2-3 Condensateurs Z	8-8 23-4 44-1
T2-3 Condensateurs C	8-9 8-10 9-10 24-10 25-7 42-6 46-9 49-5 50-9
T2-3 Bobines L	9-5 9-7 9-8 23-5
T2-3 Bobines Z	9-6 24-9 26-9 27-7 32-10
T2-4 Charge d'un condensateur	9-4 26-8
T3-1 Transformateur parfait	10-1 10-2 10-3 10-4 10-5 10-6 10-7 10-8 10-9 10-10 27-1 27-2 28-6 30-8 42-8 43-6 44-8 45-10 46-2 47-2

Références	Questions
T3-3 Piles résistance interne, fém	11-1 11-2 11-3 11-4 28-7 45-3 49-1
T3-3 Piles capacité	11-5 11-6 27-3 43-7 45-8
T3-4 Voltmètre	11-7 11-8 11-10 29-6 32-8 45-7
T3-4 Ampèremètre	11-9 27-5
T3-5 Qualité des voltmètres	27-4
T4-1 Décibels	12-6 12-7 12-8 12-9 12-10 25-2 25-3 32-9 42-7 43-5 44-4 45-6 46-1 47-1 48-4 49-7 50-4
T4-1 Affaiblissement linéique	18-10
T4-2 Filtres RC	12-1 12-2 12-3
T4-2 Filtres RC – Thomson	25-1
T4-3 Filtres LC	12-4 12-5 13-1 13-2 13-3 13-6 13-7 13-8 13-10 25-5 26-6 26-7 31-9 46-3 49-8
T4-3 Filtres LC – Thomson	13-4 13-5 25-4 27-6 29-8
T4-4 Filtres RLC – Impédance	16-8
T4-4 Filtres RLC – Facteur Q	16-9 30-2
T4-4 Filtres RLC – Bande passante	13-9 16-10 45-5
T4-5 Filtre en Pi	44-5
T5-1 Diodes (principes)	14-1
T5-3 Diodes (fonction)	14-2
T6-1 Transistor (principes)	14-3 14-7 14-8
T6-2 Gain des transistors	14-4 14-5 14-6 29-1 29-2
T6-3 Montage des transistors	14-9 14-10 30-6
T7-1 Classes d'amplification	15-2 15-4 29-4 29-5
T7-2 Résistance de charge	15-1
T7-3 Liaisons entre étages	15-5
T7-4 Amplificateurs RF	49-3 15-3
T7-5 Oscillateurs	15-6 15-7
T7-6 Multiplicateurs	50-1
T7-7 Mélangeurs	15-8 15-9 15-10 29-3
T8-1 Ampli Op (principes)	16-1
T8-2 Gain d'un Ampli Op	16-2 16-3 16-4 16-5 16-6 30-1
T8-4 Circuits logiques	16-7 50-5
T9-1 Relation Fréquence / λ	18-6 18-7 30-3 48-10
T9-2 Propagation / ondes	18-1 18-2 18-3 18-4 18-5 30-4 42-9 44-9 46-5 47-3
T9-4 Antenne doublet	17-1 14-2 17-3 17-4 17-10 30-5 31-7 49-2
T9-5 Antenne Quart d'onde	17-5 17-6 17-7 17-9 32-7 43-8 45-9
T9-6 Antenne Yagi	48-1
T9-7 Gain d'une antenne	17-8 19-6 31-6
T9-8 PAR	19-6 19-7 19-8 19-9
T9-10 Antennes (généralités)	19-10
T10-1 Lignes de transmission	18-8
T10-2 Impédance et vitesse	18-9
T10-3 Désadaptation et ROS	19-1 19-2 19-5
T10-4 Lignes d'adaptation	19-3 19-4
T11-1 Récepteur simple	20-1 20-2 44-10
T11-2 Récepteur avec FI	20-3 20-4 20-5 20-6 20-8 32-1 42-10 46-10 48-2
T11-3 Fréquence image	20-7
T11-5 Emetteur	20-9 20-10 32-6 43-9 45-1
T11-6 Intermodulation et CEM	2-1 26-2 26-5 28-8 29-7
T12-1 Modulation (représentation)	21-1 21-2 21-3 21-4 32-4 32-5 43-10 46-6 47-5 50-2
T12-2 Modulateurs et démodulateurs	21-5 21-6 21-7 21-8 21-9 21-10 32-2 32-3 44-10 45-2 47-6 49-9 49-10

Extrait de l'Arrêté du Secrétaire d'État à l'industrie du 21 septembre 2000 fixant les conditions d'obtention des certificats d'opérateur des services d'amateur

A N N E X E I - PROGRAMMES DES EPREUVES

1ÈRE PARTIE : RÉGLEMENTATION -

La réglementation des radiocommunications et les conditions de mise en oeuvre des installations des services d'amateur

(Identique pour les certificats d'opérateurs des services d'amateur des classes 1, 2 et 3)

Chapitre 1^{er} Réglementation internationale

1. Règlement des radiocommunications de l'UIT :

- Définition du service d'amateur et du service d'amateur par satellite ;
- Définition d'une station d'amateur ;
- Article S 25 du règlement des radiocommunications ;
- Bandes de fréquences du service d'amateur ;
- Régions radioélectriques de l'UIT ;
- Identification des stations radioamateurs, préfixes européens nationaux et dépendances ;
- Composition des indicatifs d'appel, utilisation des indicatifs d'appel ;
- Utilisation internationale d'une station amateur en cas de catastrophes nationales ;
- Signaux de détresse ;
- Résolution no 640 du règlement des radiocommunications de l'UIT.

2. Réglementation de la CEPT :

Les recommandations et les décisions de la CEPT concernant les radioamateurs.

Chapitre 2 Réglementation nationale

Connaissance des textes essentiels du code des postes et télécommunications.
Connaissance de la réglementation nationale du service d'amateur et d'amateur par satellite.

Chapitre 3 Brouillages et protections

1. Brouillage des équipements électroniques :

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

2. Cause de brouillage des équipements électroniques :

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

3. Puissance et énergie :

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

4. Protection contre les brouillages :

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

5. Protection électrique :

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

Chapitre 4 Antennes et lignes de transmission

1. Types d'antennes :

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

2. Caractéristiques des antennes :

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

3. Lignes de transmission :

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

Chapitre 5 Extrait du code Q international (suit la liste des abréviations à connaître) et Table internationale d'épellation phonétique.

2ÈME PARTIE : TECHNIQUE –

La technique de l'électricité et de la radioélectricité

(pour l'accès aux certificats d'opérateur des services d'amateur de classe 2 et 1)

Chapitre 1^{er} : Électricité, électromagnétisme et radioélectricité

1.1 Conductivité :

- Conducteur, semi-conducteur et isolant ;
- Courant, tension et résistance ;

- Les unités : l'ampère, le volt et l'ohm ;
- La loi d'Ohm ($U = R.I$) ;
- Puissance électrique ($P = U.I$) ;
- L'unité : le watt ;
- Énergie électrique ($W = P.t$) ;
- La capacité d'une batterie (ampère-heure).
- 1.2. Les générateurs d'électricité :
 - Générateur de tension, force électromotrice (FEM), courant de court circuit, résistance interne et tension de sortie ;
 - Connexion en série et en parallèle de générateurs de tension.
- 1.3. Champ électrique :
 - Intensité du champ électrique ;
 - L'unité ;
 - Blindage contre les champs électriques.
- 1.4. Champ magnétique :
 - Champ magnétique entourant un conducteur ;
 - Blindage contre les champs magnétiques.
- 1.5. Champ électromagnétique :
 - Ondes radioélectriques comme ondes électromagnétiques ;
 - Vitesse de propagation et relation avec la fréquence et la longueur d'onde $v = f \lambda$;
 - Polarisation.
- 1.6. Signaux sinusoïdaux :
 - La représentation graphique en fonction du temps ;
 - Valeur instantanée, amplitude : $[E_{max}]$;
 - Valeur efficace [RMS] : $U_{eff} = U_{max} / \sqrt{2}$
 - Valeur moyenne ;
 - Période et durée de la période ;
 - Fréquence ;
 - L'unité : le hertz ;
 - Différence de phase.
- 1.7. Signaux non sinusoïdaux :
 - Signaux basse fréquence ;
 - Signaux carrés ;
 - Représentation graphique en fonction du temps ;
 - Composante de tension continue, composante d'onde fondamentale et harmoniques.
- 1.8. Signaux modulés :
 - Modulation d'amplitude ;
 - Modulation de phase, modulation de fréquence et modulation en bande latérale unique ;
 - Déviations de fréquence et indice de modulation : $m = \Delta f / f_{mod}$
 - Porteuse, bandes latérales et largeur de bande ;
 - Forme d'onde.
- 1.9. Puissance et énergie :
 - Puissance des signaux sinusoïdaux : $P = RI^2$; $P = U^2/R$ ($U = U_{eff}$; $I = I_{eff}$)

Chapitre 2 : Composants

- 2.1. Résistance :
 - Résistance ;
 - L'unité : l'ohm ;
 - Caractéristiques courant/tension ;
 - Puissance dissipée ;
 - Coefficient de température positive et négative.
- 2.2. Condensateur :
 - Capacité ;
 - L'unité : le farad ;
 - La relation entre capacité, dimensions et diélectrique
 - (aspect quantitatif uniquement) : $XC = 1 / 2\pi fC$
 - Déphasage entre la tension et le courant ;
 - Caractéristiques des condensateurs, condensateurs fixes et variables : à air, au mica, au plastique, à la céramique et condensateurs électrolytiques ;
 - Coefficient de température ;
 - Courant de fuite.
- 2.3. Bobine :
 - Bobine d'induction ;
 - L'unité : le henry ;
 - L'effet du nombre de spires, du diamètre, de la longueur et de la composition du noyau (effet qualitatif uniquement) ;
 - La réactance $[XL]$: $XL = 2\pi fL$
 - Facteur Q ;
 - L'effet de peau ;
 - Pertes dans les matériaux du noyau.
- 2.4. Applications et utilisation des transformateurs :
 - Transformateur idéal [$P_{prim} = P_{sec}$]
 - La relation entre le rapport du nombre de spires et
 - Le rapport des tensions : $U_{sec} / U_{prim} = N_{sec} / N_{prim}$;
 - Le rapport des courants : $I_{sec} / I_{prim} = N_{prim} / N_{sec}$;
 - Le rapport des impédances (aspect qualitatif uniquement) ;
 - Les transformateurs.
- 2.5. Diode :
 - Utilisation et application des diodes.
 - Diode de redressement, diode Zener, diode LED diode émettrice de lumière, diode à tension variable et à capacité variable VARICAP ;
 - Tension inverse, courant, puissance et température.
- 2.6. Transistor :
 - Transistor PNP et NPN ;
 - Facteur d'amplification ;
 - Transistor effet champ canal N et canal P, FET ;
 - La résistance entre le courant drain et la tension porte ;

Le transistor dans
- le circuit émetteur commun / source pour FET ;
- le circuit base commune / porte pour FET ;
- le circuit collecteur commun / drain pour FET ;
Les impédances d'entrée et de sortie des circuits précités ;
Les méthodes de polarisation.

2.7. Divers :
Dispositif thermoïonique simple ;
Circuits numériques simples.

Chapitre 3 : Circuits

- 3.1. Combinaison de composants :
Circuits en série et en parallèle de résistances, bobines, condensateurs, transformateurs et diodes ;
Impédance ;
Réponse en fréquence.
- 3.2. Filtre :
Filtres séries et parallèles ;
Impédances ;
Fréquences caractéristiques ;
Fréquence de résonance : $F = 1 / 2\pi \sqrt{LC}$
Facteur de qualité d'un circuit accordé : $Q = 2\pi FL / R_s$; $Q = R_p / 2\pi FL$; $Q = F_o / B$
Largeur de bande ;
Filtre passe bande, filtres passe-bas, passe-haut, passe-bande et coupe-bande composés d'éléments passifs, filtre en Pi et filtre en T ;
Réponse en fréquence ;
Filtre à quartz.
- 3.3. Alimentation :
Circuits de redressement demi-onde et onde entière et redresseurs en pont ;
Circuits de filtrage ;
Circuits de stabilisation dans les alimentations à basse tension.
- 3.4. Amplificateur :
Amplificateur à basse fréquence BF et à haute fréquence HF ;
Facteur d'amplification ;
Caractéristique amplitude/fréquence et largeur de bande ;
Classes de polarisation A, A/B, B et C ;
Harmoniques distorsions non désirées.
- 3.5. Détecteur :
Détecteur de modulation d'amplitude (AM) ;
Détecteur à diode ;
Détecteur de produit ;
Détecteur de modulation de fréquence (FM) ;
Détecteur de pente ;
Discriminateur Foster-Seeley ;
Détecteurs pour la télégraphie (CW) et pour la bande latérale unique (BLU).
- 3.6 Oscillateur :
Facteurs affectant la fréquence et les conditions de stabilité nécessaire pour l'oscillation ;
Oscillateur LC ;
Oscillateur à quartz, oscillateur sur fréquences harmoniques.
Boucle de verrouillage de phase PLL ;
Boucle de verrouillage avec circuit comparateur de phase.

Chapitre 4 : Récepteurs

- 4.1. Types :
Récepteur superhétérodyne simple et double.
- 4.2. Schémas synoptiques :
Récepteur CW [A1A] ;
Récepteur AM [A3E] ;
Récepteur SSB pour la téléphonie avec porteuse supprimée [J3E] ;
Récepteur FM [F3E].
- 4.3. Rôle et fonctionnement des étages suivants (aspect schéma synoptique uniquement) :
Amplificateur HF ;
Oscillateur [fixe et variable] ;
Mélangeur ;
Amplificateur de fréquence intermédiaire ;
Limiteur ;
Détecteur ;
Oscillateur de battement ;
Calibrateur à quartz ;
Amplificateur BF ;
Contrôle automatique de gain ;
S-mètre ;
Silencieux [squelch].
- 4.4. Caractéristiques des récepteurs (description simple uniquement) :
Canal adjacent ;
Sélectivité ;
Sensibilité ;
Stabilité ;
Fréquence-image, fréquences intermédiaires ;
Intermodulation ; transmodulation.

Chapitre 5 : Émetteurs

- 5.1. Types :
Émetteurs avec ou sans changement de fréquences ;
Multiplication de fréquences.
- 5.2. Schémas synoptiques :
Émetteur CW [A1A] ;
Émetteur SSB avec porteuse de téléphonie supprimée [J3E] ;
Émetteur FM [F3E].

5.3. Rôle et fonctionnement des étages suivants (aspect schéma synoptique uniquement) :

- Mélangeur ;
- Oscillateur ;
- Séparateur ;
- Étage d'excitation ;
- Multiplicateur de fréquences ;
- Amplificateur de puissance ;
- Filtre de sortie filtre en pi ;
- Modulateur de fréquences SSB de phase ;
- Filtre à quartz.

5.4. Caractéristiques des émetteurs (description simple uniquement) :

- Stabilité de fréquence ;
- Largeur de bande HF ;
- Bandes latérales ;
- Bande de fréquences acoustiques ;
- Non-linéarité ;
- Impédance de sortie ;
- Puissance de sortie ;
- Rendement ;
- Déviations de fréquence ;
- Indice de modulation ;
- Claquements et pialements de manipulation CW ;
- Rayonnements parasites HF ;
- Rayonnements des boîtiers.

Chapitre 6 : Propagation et antennes

6.1. Propagation :

- Couches ionosphériques ;
- Fréquence critique ;
- Fréquence maximale utilisable ;
- Influence du soleil sur l'ionosphère ;
- Onde de sol, onde d'espace, angle de rayonnement et bond ;
- Évanouissements ;
- Troposphère ;
- Influence de la hauteur des antennes sur la distance qui peut être couverte ;
- Inversion de température ;
- Réflexion sporadique sur la couche E ;
- Réflexion aurorale.

6.2. Caractéristiques des antennes :

- Distribution du courant et de la tension le long de l'antenne ;
- Impédance capacitive ou inductive d'une antenne non accordée.

6.3. Lignes de transmission :

- Guide d'ondes ;
- Impédance caractéristique ;
- Vitesse de propagation ;
- Pertes, affaiblissement en espace libre ;
- Lignes ouvertes et fermées comme circuits accordés.

Chapitre 7 : Mesures

7.1. Principe des mesures :

Mesure de :

- tensions et courants continus et alternatifs ;
- erreurs de mesure ;
- influence de la fréquence ;
- influence de la forme d'onde ;
- influence de la résistance interne des appareils de mesure ;
- résistance ;
- puissance continue et haute fréquence puissance moyenne et puissance de crête ;
- rapport d'onde stationnaire en tension ;
- forme d'onde de l'enveloppe d'un signal à haute fréquence ;
- fréquence ;
- fréquence de résonance.

7.2. Instruments de mesure :

Pratique des opérations de mesure :

appareil de mesure à cadre mobile, appareil de mesure multi-gamme multimètre ;

- ROS mètre ;
- compteur de fréquence, fréquencemètre à absorption ;
- ondemètre à absorption ;
- oscilloscope et analyseur de spectre.

Première section

Chapitre par chapitre

Série n°1

Thème : Chapitre Réglementation 1

Temps : 10 minutes

<p>Q 1 Quelle est la définition de la classe d'émission A2B ?</p> <p>A = Modulation de fréquence, tout ou rien, télégraphie automatique B = Téléphonie, BLU porteuse supprimée C = Télévision, modulation de fréquence D = Télégraphie automatique, AM avec sous-porteuse modulante</p>	<p>Q 2 Quelle classe d'émission a la définition suivante : "Fac-similé, Modulation de phase"</p> <p>A = C3G B = G3C C = F3C D = C2G</p>
<p>Q 3 Dans le type de classe d'émission A3F, que signifie le F ?</p> <p>A=Modulation de Fréquence B=Modulation de Phase C = Téléphonie D = Télévision</p>	<p>Q 4 Pour une fréquence de 14.000 kHz, quelle doit être la précision de l'affichage de la fréquence</p> <p>A = ± 5 kHz B = ± 1,4 kHz C = ± 1 kHz D = ± 10 kHz</p>
<p>Q 5 Pour une fréquence de 434 MHz, quelle doit être la précision de l'affichage de la fréquence ?</p> <p>A = ± 5 kHz B = ± 43,4 kHz C = ± 2,5 kHz D = ± 4,34 kHz</p>	<p>Q 6 Quelle doit être la stabilité d'un émetteur fonctionnant sur 21 MHz ?</p> <p>A = ± 2,5 kHz B = ± 1,05 kHz C = ± 420 Hz D = ± 4,2 kHz</p>
<p>Q 7 En modulation de fréquence, sur la bande 144 MHz,</p> <p>A = Il est nécessaire de posséder un générateur 2 tons B = L'excursion ne doit pas dépasser ± 3 kHz C = La porteuse doit être à plus de 7,5 kHz de l'extrémité de la bande D = L'excursion est de ± 15 kHz</p>	<p>Q 8 Sur 144 MHz, les rayonnements non essentiels, pour une puissance de sortie de 50 watts doivent être inférieurs à :</p> <p>A = -40 dB B = -50 dB C = -60 dB D = -70 dB</p>
<p>Q 9 En Bande Latérale Unique,</p> <p>A = le filtrage de l'alimentation est obligatoire B = on ne doit pas émettre à moins de 15 kHz de l'extrémité de la bande C = l'excursion ne doit pas dépasser ± 3 kHz D = la précision de la lecture de la fréquence doit être au moins de ± 2,5 kHz</p>	<p>Q 10 Les perturbations réinjectées dans le réseau EDF ne doivent pas dépasser :</p> <p>A = 1 mV entre 0,15 MHz et 0,5 MHz B = 0,3 mV entre 0,5 MHz et 5 MHz C = 1 mV entre 0,5 MHz et 30 MHz D = 1 mV au dessus de 30 MHz</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 1

Q 1 Référence : R1-2 Réponse : D

A2B => A = AM double bande latérale

2 = sous porteuse modulante

B = Télégraphie automatique

N.B. : la définition précise (selon l'appendice A1 du RR) est : « Émission dont l'onde porteuse principale est modulée en amplitude (incluant le cas où les sous- porteuses sont en modulation angulaire), Double bande latérale ; Une seule voie contenant de l'information quantifiée ou numérique avec emploi d'une sous porteuse modulante ; Télégraphie pour réception automatique »

Q 2 Référence : R1-2 Réponse : B

Modulation de phase => G

Fac similé => 3 et C

N.B. : la définition précise (selon l'appendice A1 du RR) est : « Émission dont l'onde porteuse principale est modulée en modulation angulaire, Modulation de phase ; Une seule voie contenant de l'information analogique ; Fac-similé »

Q 3 Référence : R1-2 Réponse : D

Deuxième lettre F => Télévision

La première lettre F aurait indiqué une modulation de fréquence

Q 4 Référence : R1-3 Réponse : C

± 1 kHz en dessous de 30 MHz

Q 5 Référence : R1-3 Réponse : B

1/10.000 de la fréquence au delà de 30 MHz

434 MHz = 434.000.000 Hz

$434.000.000 / 10.000 = 43.400$ Hz = 43,4 kHz

Attention : question limite hors programme car elle nécessite la maîtrise de la transformation en multiples et sous-multiples, ce qui n'est pas exigé, à mon opinion, pour passer l'examen de Réglementation (mais ceci est au programme de Technique)

Q 6 Référence : R1-3 Réponse : B

La stabilité doit être de 1/20.000

21 MHz = 21.000.000 Hz / 20.000 = 1050 Hz = 1,05 kHz

Attention, question limite hors programme car elle nécessite la maîtrise de la transformation en multiples et sous-multiples, ce qui n'est pas exigé, à mon opinion, pour passer l'examen de Réglementation (mais ceci est au programme de Technique)

Q 7 Référence : R1-3 Réponse : C

Le générateur 2 tons ne sert qu'en BLU, l'excursion FM est de ± 3 kHz en dessous de 30 MHz, l'excursion FM de ± 15 kHz n'est pas une norme amateur (ou, plus exactement, n'est plus la norme amateur).

Q 8 Référence : R1-3 Réponse : C

Moins de 25 W => -50 dB ; plus de 25 W => -60 dB

Q 9 Référence : R1-3 Réponse : A

Le filtrage de l'alimentation est obligatoire pour tous les modes.

Q 10 Référence : R1-3 Réponse : C

1 mV entre 0,5 et 30 MHz

2 mV entre 0,15 et 0,5 MHz

Série n°2

Thème : Chapitre Réglementation 2 et 5

Temps : 7 minutes

<p>Q 1</p> <p>La Compatibilité ElectroMagnétique est la faculté :</p> <p>A : d'une antenne à émettre et à recevoir une fréquence B : d'un récepteur à recevoir plusieurs bandes C : d'un émetteur à ne pas perturber son environnement D : d'un récepteur à ne pas attirer la foudre</p>	<p>Q 2</p> <p>Quelle est l'affirmation fausse ? :</p> <p>A : la foudre cherche toujours le chemin le plus droit pour aller à la terre B : pour éviter que la foudre ne tombe sur un pylône, il faut le relier à la terre C : la tension présente dans une antenne de réception peut être élevée D : les alimentations par le secteur doivent être construites dans des compartiments fermés</p>
<p>Q 3</p> <p>Quelle fréquence est une limite de bande ?</p> <p>A : 14.450 kHz B : 24.990 kHz C : 29.500 kHz D : 438 MHz</p>	<p>Q 4</p> <p>Quelle fréquence est autorisée uniquement en région 2 ?</p> <p>A : 7.110 kHz B : 3.550 kHz C : 14.060 kHz D : 28.200 kHz</p>
<p>Q 5</p> <p>Quelle est la bande réservée en exclusivité aux R.A. ?</p> <p>A : 40 m B : 80 m C : 30 m D : 70 cm</p>	<p>Q 6</p> <p>Quelles sont les limites de la bande des 3 cm ?</p> <p>A : 1.240 à 1.300 MHz B : 2.300 à 2.450 MHz C : 5.650 à 5.850 MHz D : 10 à 10,5 GHz</p>
<p>Q 7</p> <p>Quelle bande a le statut de bande partagée ?</p> <p>A : 30 m B : 17 m C : 15 m D : 12 m</p>	<p>Q 8</p> <p>Quel département d'outre-mer ne fait pas partie de la Région 2 de l'UIT ?</p> <p>A : Guyane B : Guadeloupe C : Martinique D : Réunion</p>
<p>Q 9</p> <p>Pour les radioamateurs de classe 3, quelle est la puissance crête de l'étage final ?</p> <p>A : 5 W B : 10 W C : 20 W D : 30 W</p>	<p>Q 10</p> <p>Quelle est la puissance maximum crête 2 signaux de l'étage final sur 28.500 kHz ?</p> <p>A : 100 W B : 120 W C : 250 W D : 500 W</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 2

Q 1 Référence : R5-4 Réponse : C

Attention : pour ne pas être hors programme, ce genre de questions devra être très général comme c'est le cas ici : cette épreuve n'est pas un examen technique.

Q 2 Référence : R5-5 Réponse : B

Relier un pylône à la terre le transforme en paratonnerre et évite que la foudre ne passe par les lignes de transmission (coaxial). Mais en aucun cas, cela n'empêche pas la foudre de tomber sur le pylône.

Attention : pour ne pas être hors programme, ce genre de questions devra être très général comme c'est le cas ici car ce sont des questions qui relèvent plutôt de la partie Technique de l'examen.

Q 3 Référence : R2-1 Réponse : B

Q 4 Référence : R2-1 Réponse : A

Q 5 Référence : R2-1 Réponse : A

Q 6 Référence : R2-1 Réponse : D

$F(\text{MHz}) = 300 / \lambda(\text{m}) = 300 / 0,03 = 10000 \text{ MHz} = 10 \text{ GHz}$

Q 7 Référence : R2-1 Réponse : A

Q 8 Référence : R2-1 Réponse : D

La région 2 couvre le continent américain, les Antilles et la moitié Nord de l'Océan Pacifique.

Q 9 Référence : R2-2 Réponse : B

Q 10 Référence : R2-2 Réponse : C

Sans plus d'information sur la classe d'opérateur, on considérera qu'il s'agit d'un opérateur autorisé à émettre sur cette bande (donc un opérateur de classe 1 ou un opérateur de classe 2 n'émettant pas dans une classe d'émission de télégraphie auditive)

Réponses Série 3

Q 1 Référence : R3-1 Réponse : C

Uniform et pas Uniforme (orthographe anglaise)

Whiskey et non pas Whisky

Q 2 Référence : R3-1 Réponse : B

Q 3 Référence : R3-1 Réponse : D

Q 4 Référence : R3-2 Réponse : B

Q 5 Référence : R3-2 Réponse : B

QSA = Force des signaux

QSO = contact, communiquer

QSL = accusé de réception

Pour être exact, il faudrait employer la phrase donnée par l'UIT : exemple QSL = Je vous donne accusé de réception.

Q 6 Référence : R3-3 Réponse : D

En téléphonie comme en télégraphie, sauf en cas d'appel de détresse (sans délai)

Q 7 Référence : R3-3 Réponse : C

Q 8 Référence : R3-3 Réponse : C

Q 9 Référence : R3-4 Réponse : B

Astronomie et pas astrologie

Q 10 Référence : R3-4 Réponse : C

Attention aux questions interronégatives : lire attentivement la question avant de répondre.

Série n°4

Thème : Chapitre Réglementation 4 et 5

Temps : 8 minutes

<p>Q 1 Quel est l'élément non obligatoire du carnet de trafic ?</p> <p>A : Date du contact B : Indicatif du correspondant C : Prénom du correspondant D : Fréquence utilisée</p>	<p>Q 2 Quelles sont les données à consigner dans le carnet de trafic ?</p> <p>1 = heure du contact 2 = lieu d'émission du correspondant 3 = report donné 4 = report reçu 5 = classe d'émission</p> <p>A : 1,5 B : 1,3,4,5 C : 3,4,5 D : 1,3,4</p>
<p>Q 3 Une station portant le suffixe "MM" :</p> <p>A : est une station portable B : doit demander une autorisation à l'administration C : peut contacter la station fixe D : peut être montée sur un hydravion</p>	<p>Q 4 Une station transportable :</p> <p>A : a un suffixe "/M" B : a un suffixe "/MM" C : a un suffixe "/T" D : a un suffixe "/P"</p>
<p>Q 5 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : l'opérateur occasionnel doit communiquer son propre indicatif après celui de la station utilisée B : l'opérateur occasionnel reporte les contacts effectués sur son carnet de trafic C : une station "/P" est une station mobile D : la classe d'émission est une mention obligatoire du carnet de trafic</p>	<p>Q 6 A quel rapport de puissance correspond un gain de 6 dB</p> <p>A : 2 B : 4 C : 8 D : 10</p>
<p>Q 7 Quelle est l'affirmation fausse ? :</p> <p>A : l'antenne quart d'onde verticale a une impédance caractéristique de 36 Ω B : une antenne a la même impédance à l'émission et à la réception C : dans un doublet, chaque brin a la même longueur D : L'impédance au centre d'une antenne trombone est de 75 Ω</p>	<p>Q 8 Le préfixe "FS" est utilisé pour :</p> <p>A : Saint Barthélemy B : Saint Pierre et Miquelon C : Saint Martin D : Seychelles</p>
<p>Q 9 Quel indicatif n'est pas "radioamateur" ?</p> <p>A : FG0AX B : FL4YT C : FY5OR D : TM1A</p>	<p>Q 10 Quel préfixe est utilisé pour Mayotte ?</p> <p>A : FT B : FY C : FM D : FH</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ 15/30

Réponses Série 4

Q 1 Référence : R4-1 Réponse : C

Attention aux phrases interrrogatives...

Q 2 Référence : R4-1 Réponse : A

Attention à ce genre de questions : bien lire avant de répondre.

Q 3 Référence : R4-2 Réponse : B

Q 4 Référence : R4-2 Réponse : D

Q 5 Référence : R4-2 et R4-3 Réponse : C

Q 6 Référence : R5-1 Réponse : B

Le signe x (multiplié par) a été volontairement omis comme c'est souvent le cas dans les questions d'examen.

Q 7 Référence : R5-2 Réponse : D

Attention, les questions posées sur les antennes ne doivent porter que sur les longueurs, les impédances et quelques généralités mais pas sur les répartitions tension/courant le long des brins. Le niveau technique demandé pour l'examen de réglementation reste très basique.

Q 8 Référence : R4-6 Réponse : C

Q 9 Référence : R4-6 Réponse : B

FL n'est pas un suffixe attribué. FY et FG sont attribués aux radioamateurs de Guyane et de Guadeloupe.

TM1A est un indicatif spécial temporaire. Attention à ne pas confondre la lettre O avec le chiffre 0 : FG0AX est un indicatif d'appel radioamateur mais FGOAX n'en est pas un.

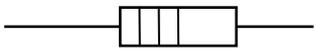
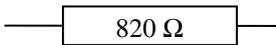
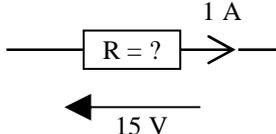
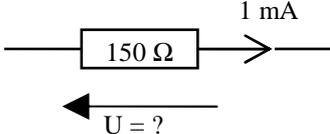
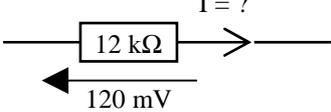
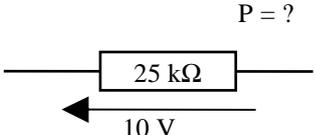
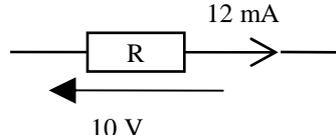
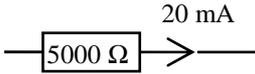
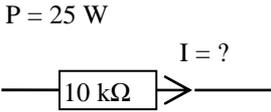
N.B. : selon la règle de l'UIT, les indicatifs d'appel radioamateur doivent comporter un chiffre en 2^{ème} ou en 3^{ème} position (mais pas les deux et en 3^{ème} position obligatoirement si le préfixe commence par un chiffre)

Q 10 Référence : R4-6 Réponse : D

Série n°5

Thème : Chapitre Technique 1

Temps : 10 minutes

<p>Q 1</p> <p>Valeur de la résistance ?</p> <p>A = 2.400 Ω B = 24.000 Ω C = 5.400 Ω D = 542 Ω</p>  <p>Vert - Jaune - Rouge</p>	<p>Q 2</p> <p>Quelles sont les couleurs de cette résistance?</p>  <p>A = Gris Marron Rouge B = Gris Rouge Marron C = Marron Rouge Gris D = Blanc Rouge Marron</p>
<p>Q 3</p> <p>Quelles sont les couleurs de la résistance?</p>  <p>R = 1 kΩ</p> <p>A = Noir Marron Orange B = Marron Noir Rouge C = Marron Orange Noir D = Marron Orange Argent</p>	<p>Q 4</p> <p>A = 225 Ω B = 0,066 Ω C = 3,87 Ω D = 15 Ω</p> 
<p>Q 5</p> <p>A = 150 V B = 0,15 V C = 0,015 V D = 1,5 V</p> 	<p>Q 6</p> <p>A = 144 μA B = 10 mA C = 10 μA D = 14,4 μA</p> 
<p>Q 7</p> <p>A = 250 W B = 4 W C = 250 mW D = 4 mW</p> 	<p>Q 8</p> <p>A = 120 mW B = 1,44 W C = 12 mW D = 144 mW</p> 
<p>Q 9</p> <p>A = 10 mW B = 100 W C = 2 W D = 20 W</p> 	<p>Q 10</p> <p>A = 2,5 mA B = 50 mA C = 400 mA D = 62,5 mA</p> 

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 5

Q 1 Référence : T1-5 Réponse : C

Vert : 5)

Jaune : 4) $\implies 54 \times 10^2 = 5.400 \Omega$

Rouge : 2)

Q 2 Référence : T1-5 Réponse : B

(8 : Gris

$820 \Omega = 82 \times 10^1$

(2 : Rouge

(1 : Marron

Rappel du code des couleurs : N M R O J V B V G B

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Q 3 Référence : T1-5 Réponse : B

(1 : Marron

$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega = 10 \times 10^2 \implies$

(0 : Noir

(2 : Rouge

Q 4 Référence : T1-2 Réponse : D

$R = U/I = 15 \text{ V} / 1 \text{ A} = 15 \Omega$

Rappel des 4 triangles :

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

Q 5 Référence : T1-2 Réponse : B

$U = R \times I = 150 \Omega \times 1 \text{ mA} = 150 \times 0,001 = 0,15 \text{ V}$

Rappel des 4 triangles :

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

Q 6 Référence : T1-2 Réponse : C

$I = U/R = 120 \text{ mV} / 12 \text{ k}\Omega = 0,12 / 12000 = 0,00001 \text{ A} = 0,01 \text{ mA} = 10 \mu\text{A}$

Rappel des 4 triangles :

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

Sur une calculette : $120 \cdot 10^{-3} (U) = 120 \cdot 10^{-3} \div 12 \cdot 10^3 (R) = 10 \cdot 10^{-6}$ soit 10μ

Q 7 Référence : T1-2 Réponse : D

$P = U^2/R = (10 \text{ V} \times 10 \text{ V}) / 25 \text{ k}\Omega = (10 \times 10) / 25000 = 0,004 \text{ W} = 4 \text{ mW}$

Rappel des 4 triangles :

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

Sur une calculette : $10 (U) = 10 \cdot 10^0 [x^2] = 100 \cdot 10^0 \div 25 \cdot 10^3 (R) = 4 \cdot 10^{-3}$ soit 4 m

Q 8 Référence : T1-2 Réponse : A

$P = U \times I = 10 \text{ V} \times 12 \text{ mA} = 10 \times 0,012 = 0,12 \text{ W} = 120 \text{ mW}$

Sur une calculette : $10 (U) = 10 \cdot 10^0 \times 12 \cdot 10^{-3} (I) = 12 \cdot 10^{-3}$ soit 12 m

Q 9 Référence : T1-2 Réponse : C

$P = R \times I^2 = 5000 \Omega \times 20 \text{ mA} \times 20 \text{ mA} = 5000 \times 0,02 \times 0,02 = 2 \text{ W}$

Sur une calculette : $20 \cdot 10^{-3} (I) = 20 \cdot 10^{-3} [x^2] = 400 \cdot 10^{-6} \times 5000 (R) = 2 \cdot 10^0$ soit 2

Q 10 Référence : T1-2 Réponse : B

$I = \sqrt{P/R} = \sqrt{(25 \text{ W} / 10 \text{ k}\Omega)} = \sqrt{(25 / 10000)} = \sqrt{0,0025} = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$

Rappel des 4 triangles :

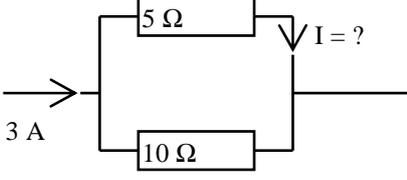
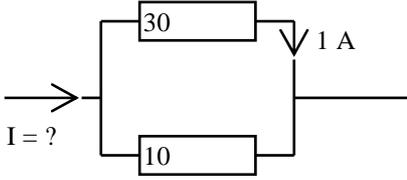
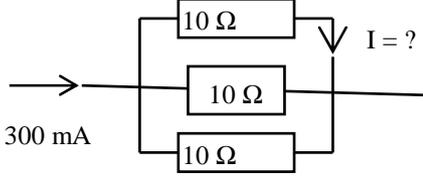
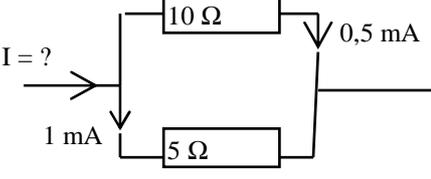
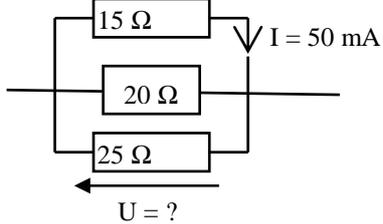
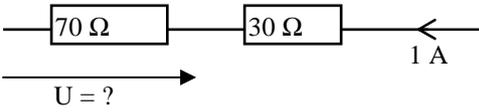
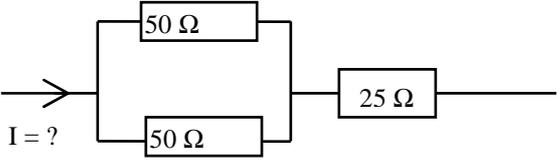
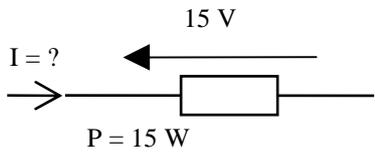
$\frac{U}{R} = I$	$\frac{P}{R} = I^2$	$\frac{U^2}{P} = R$	$\frac{P}{U} = I$
-------------------	---------------------	---------------------	-------------------

Sur une calculette : $25 (W) = 25 \cdot 10^0 \div 10 \cdot 10^3 (R) = 2,5 \cdot 10^{-3} [\sqrt{\quad}] = 50 \cdot 10^{-3}$ soit 50 m

Série n°6

Thème : Chapitre Technique 1

Temps : 15 minutes

<p>Q 1</p> <p>Soit une résistance de $5\text{ k}\Omega$, d'une puissance maximum de $1/2\text{ W}$, quelle est la tension maximale à appliquer à ses bornes ?</p> <p>A = 500 V B = 10 kV C = 50 V D = 2.500 V</p>	<p>Q 2</p> <p>Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A = Une tension se mesure entre deux points d'un circuit B = Le courant va du - vers le + C = Le courant est indiqué par une flèche en un point du circuit D = la mention Ω derrière la valeur d'une résistance n'est pas obligatoire</p>
<p>Q 3</p>  <p>A : 1 A B : 2 A C : 1,5 A D : 5 A</p>	<p>Q 4</p>  <p>A : 1 A B : 2 A C : 1,33 A D : 4 A</p>
<p>Q 5</p>  <p>A : 900 mA B : 100 mA C : 30 mA D : 200 mA</p>	<p>Q 6</p>  <p>A : 0,5 mA B : 15 mA C : 1,5 mA D : 1 mA</p>
<p>Q 7</p>  <p>A : 1,25 V B : 0,75 V C : 3 V D : 0,833 V</p>	<p>Q 8 La puissance dissipée par ces 2 résistances est 100W</p>  <p>A : 15 V B : 70 V C : 7 V D : 49 V</p>
<p>Q 9</p>  <p>la puissance dissipée par ces 3 résistances est 50W</p> <p>A : 250 mA B : 125 mA C : 1 A D : 2 A</p>	<p>Q 10</p> <p>A = 15 A B = 1 A C = 66 mA D = 2,25 A</p> 

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 6

Q 1 Référence : T1-2 Réponse : C

$$U = \sqrt{P \times R} = \sqrt{0,5 \times 5.000} = \sqrt{2.500} = 50 \text{ V}$$

Q 2 Référence : T1-1 Réponse : B

Le courant va toujours du + vers le -

Q 3 Référence : T1-7 Réponse : B

$$R_T = (10 \times 5) / (10 + 5) = 3,33$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 1 \div (1 \div 10 (R1) + 1 \div 5 (R2)) = 3,33$$

$$I_R = I_T \times R_T / R = 3 \times 3,33 / 5 = 10/5 = 2$$

Sans calcul, on voit qu'il passe deux fois plus de courant dans la résistance du bas (deux fois plus faible), donc répartition du courant total entre les deux résistances : 1/3 et 2/3

Q 4 Référence : T1-7 Réponse : D

$$R_T = (30 \times 10) / (30 + 10) = 300/40 = 7,5 ;$$

$$I_R = I_T \times R_T / R \text{ donc } I_T = I_R \times R / R_T = 1 \times 30 / 7,5 = 4 \text{ A}$$

Sans calcul, même raisonnement que précédemment : il passe dans la résistance du bas 3 fois plus de courant que dans celle du haut car elle est 3 fois plus petite. $I_{R_{\text{bas}}} = 3 \times I_{R_{\text{haut}}} = 3 \text{ A}$;

$$I_T = I_{R_{\text{haut}}} + I_{R_{\text{bas}}} = 1 \text{ A} + 3 \text{ A} = 4 \text{ A}$$

$$\text{Sur une calculatrice, calcul de } R_T : 1 \div (1 \div 30 (R1) + 1 \div 10 (R2)) = 7,5$$

Q 5 Référence : T1-7 Réponse : B

Le courant est réparti uniformément car les résistances sont égales : $300 \text{ mA} / 3 = 100 \text{ mA}$

Q 6 Référence : T1-7 Réponse : C

La valeur des résistances ne sert à rien dans cet exercice.

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} = 1 \text{ mA} + 0,5 \text{ mA} = 1,5 \text{ mA}$$

Q 7 Référence : T1-7 Réponse : B

La tension aux bornes de la résistance du haut est égale à la tension aux bornes de chacune des résistances : calculer la tension aux bornes de la résistance du bas revient à calculer la tension aux bornes de chacune des résistances du groupement.

$$U = 15 \times 0,05 = 0,75 \text{ V}$$

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : B

Dans cet exercice, la puissance dissipée par les deux résistances est une donnée inutile

$$U = R \times I = 70 \times 1 = 70 \text{ V}$$

Q 9 Référence : T1-7 Réponse : C

$$R_T = 25 + 50/2 = 25 + 25 = 50$$

$$P = R I^2 \text{ donc } I = \sqrt{P/R} = \sqrt{50/50} = 1 \text{ A}$$

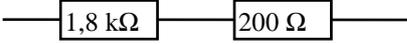
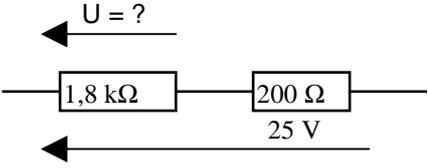
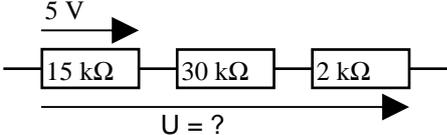
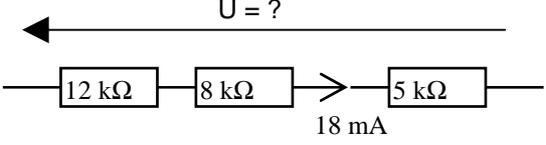
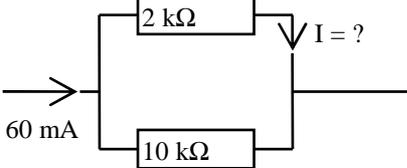
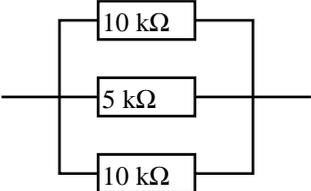
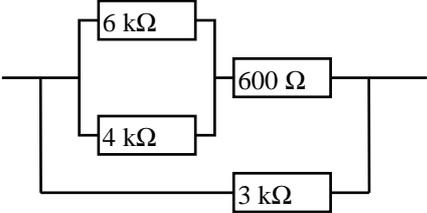
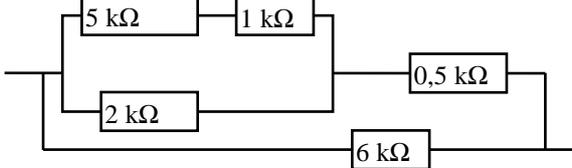
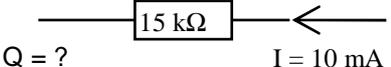
Q 10 Référence : T1-2 Réponse : B

$$I = P/U = 15/15 = 1 \text{ A}$$

Série n°7

Thème : Chapitre Technique 1

Temps : 15 minutes

<p>Q 1</p> <p>A = 218 Ω B = 3800 Ω C = 2000 Ω D = 180 Ω</p> <div style="text-align: center;">  <p>Quelle est la résistance équivalente ?</p> </div>	<p>Q 2</p> <p>A = 18 V B = 22,5 V C = 2,5 V D = 20 V</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Q 3</p> <p>A = 15,66 V B = 15 V C = 1,595 V D = 32 V</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Q 4</p> <p>A = 0,45 V B = 138, C = 25 V D = 450 V</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Q 5</p> <p>A = 2 mA B = 5 mA C = 10 mA D = 0,05 A</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Q 6</p> <p>Quelle est la résistance équivalente ?</p> <p>A = 25 kΩ B = 2,5 kΩ C = 5 kΩ D = 20 kΩ</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Q 7</p> <p>Résistance équivalente ?</p> <p>A = 3 kΩ B = 2,34 kΩ C = 1,5 kΩ D = 6 kΩ</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Q 8</p> <p>Résistance équivalente ?</p> <p>A = 1 kΩ B = 1,5 kΩ C = 2 kΩ D = 4 kΩ</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Q 9</p> <p>A = 36 C B = 540 C C = 150 C D = 54 C</p> <p style="text-align: center;">Durée = 1 heure</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Q 10</p> <p>Un fil de 2 cm² de section a une résistance de 20 Ω. Si ce fil avait une section de 5 cm², quelle serait sa résistance ?</p> <p>A = 10 Ω B = 50 Ω C = 5 Ω D = 8 Ω</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 7

Q 1 Référence : T1-7 Réponse : C

$$1,8 \text{ k}\Omega = 1800 \Omega$$

$$R \text{ équivalente} = R_1 + R_2 = 1800 + 200 = 2000 \Omega$$

Q 2 Référence : T1-7 Réponse : B

$$R \text{ équivalente} = 2000 \Omega \text{ (voir Q1)}$$

$$UR_1 = UT \times (R_1 / RT) = 25 \text{ V} \times (1800 / 2000) = 22,5 \text{ V}$$

Q 3 Référence : T1-7 Réponse : A

Plusieurs méthodes de calcul, nous en avons retenu une qui applique la loi d'Ohm.

$$R \text{ équivalente} = R_1 + R_2 + R_3 = 15 \text{ k} + 30 \text{ k} + 2 \text{ k} = 47 \text{ k}$$

$$I = (U / R) = 5 / 15000 = 0,333333 \text{ mA}$$

$$U = R \times I = 47 \text{ k} \times 0,33333 \text{ mA} = 15,66 \text{ V}$$

$$\text{Sur une calculette : } 47 \cdot 10^3 (R) \times 0,333 \cdot 10^{-3} (I) = 15,666 \cdot 10^0 \text{ converti en } 15,66$$

Q 4 Référence : T1-7 Réponse : D

$$R \text{ équivalente} = 12 \text{ k} + 8 \text{ k} + 5 \text{ k} = 25 \text{ k}$$

$$U = R \times I = 25 \text{ k} \times 18 \text{ mA} = 450 \text{ V}$$

$$\text{Sur une calculette : } 25 \cdot 10^3 (R) \times 18 \cdot 10^{-3} (I) = 450 \cdot 10^0 \text{ converti en } 450$$

Q 5 Référence : T1-7 Réponse : D

$$R \text{ équivalente} = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2) = (2 \times 10) / (2 + 10) = 20 / 12 = 1,6666 \text{ k}$$

$$IR_1 = IT \times (RT / R_1) = 60 \text{ mA} \times (1,6666 / 2) = 0,05 \text{ A}$$

$$\text{Sur une calculette : calcul de } RT : 1 \div (1 \div 2 \cdot 103 (R_1) + 1 \div 10 \cdot 103 (R_2)) = 1,66 \cdot 103 \text{ converti en } 1,66 \text{ k}$$

$$\text{Calcul de } IR_1 : 1,66 \cdot 10^3 (RT) \div 2 \cdot 10^3 (R_1) = 833,3 \cdot 10^{-3} \times 60 \cdot 10^{-3} (IT) = 50 \cdot 10^{-3} \text{ soit } 50 \text{ mA (ou } 0,05 \text{ A)}$$

Q 6 Référence : T1-7 Réponse : B

$$\text{Groupe des deux résistances de } 10 \text{ k}\Omega : 10 / 2 = 5 \text{ k}$$

$$\text{Ensemble du premier groupe et de la résistance de } 5 \text{ k} : 5 / 2 = 2,5 \text{ k}\Omega$$

Q 7 Référence : T1-7 Réponse : C

$$\text{Premier groupe : } (6 \times 4) / (6 + 4) = 24 / 10 = 2,4$$

$$\text{Sur une calculette : } 1 \div (1 \div 6 (R_1) + 1 \div 4 (R_2)) = 2,4$$

$$\text{Second ensemble : } 2,4 \text{ k} + 600 \Omega = 2400 + 600 = 3000 = 3 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Ensemble : } 3 \text{ k et } 3 \text{ k en parallèle : } 3 / 2 = 1,5 \text{ k}\Omega$$

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : B

$$\text{Premier groupe : } 5 \text{ k} + 1 \text{ k} = 6 \text{ k}$$

$$\text{Second ensemble : } (2 \times 6) / (2 + 6) = 12 / 8 = 1,5$$

$$\text{Sur une calculette : } 1 \div (1 \div 6 (R_1) + 1 \div 2 (R_2)) = 1,5$$

$$\text{Troisième ensemble : } 1,5 \text{ k} + 0,5 \text{ k} = 2 \text{ k}$$

$$\text{Ensemble : } (2 \times 6) / (2 + 6) = 1,5 \text{ k}\Omega$$

Q 9 Référence : T1-3 Réponse : A

$$10 \text{ mA pendant } 1 \text{ heure} = 10 \text{ mA} \times 3600 \text{ s} = 36 \text{ C}$$

La valeur de la résistance ne sert à rien

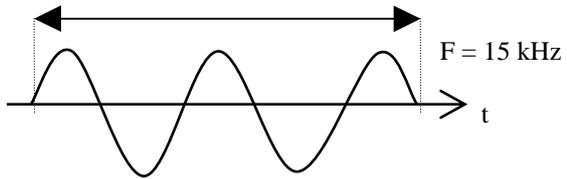
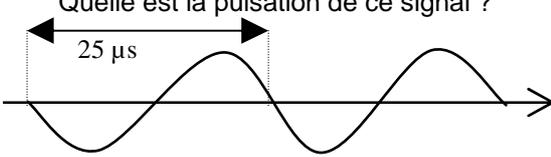
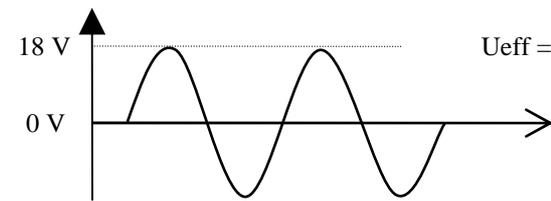
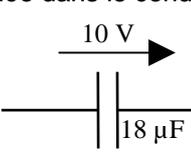
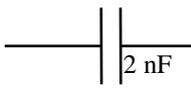
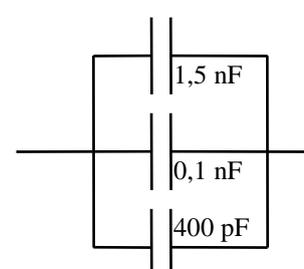
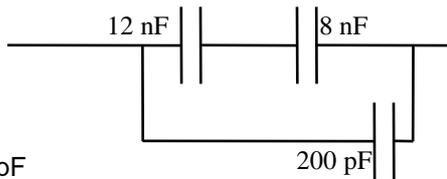
Q 10 Référence : T1-4 Réponse : D

La résistance d'un fil est inverse à sa section. Le fil est 2,5 fois plus gros. Sa résistance sera 2,5 fois moindre. $20 / 2,5 = 8 \Omega$

Série n°8

Thème : Chapitre Technique 2

Temps : 15 minutes

<p>Q 1</p> <p>Quelle est la fréquence d'un signal dont la période dure 2 millisecondes ?</p> <p>A = 50 Hz B = 500 Hz C = 20 kHz D = 200 Hz</p>	<p>Q 2</p> <p>Combien de temps dure ce signal ?</p>  <p>A = 66,6 μs B = 37,5 ms C = 0,666 μs D = 0,166 ms</p>
<p>Q 3</p> <p>Quelle est la pulsation d'un signal dont la fréquence est de 14 MHz ?</p> <p>A = 87.920.000 rad/s C = 8.792.000 rad/s B = 62.800 rad/s D = 62.800.000 rad/s</p>	<p>Q 4</p> <p>Quelle est la pulsation de ce signal ?</p>  <p>A = 157.000 rad/s C = 251.300 rad/s B = 40.000 rad/s D = 246.490 rad/s</p>
<p>Q 5</p> <p>Quelle est la fréquence dont la pulsation est 150.000 rad/s ?</p> <p>A = 23.870 Hz C = 66,6 kHz B = 150 kHz D = 12.247 Hz</p>	<p>Q 6</p>  <p>A = 25,45 V B = 6,35 V C = 4,24 V D = 12,7 V</p>
<p>Q 7</p> <p>Quelle est la quantité d'électricité emmagasinée dans le condensateur ?</p>  <p>A = 25,45 mC B = 18 C C = 180 μC D = 55,5 μC</p>	<p>Q 8</p> <p>Quelle est l'impédance du condensateur ?</p> <p>F = 12 MHz</p>  <p>A = 150 Ω B = 24 Ω C = 6,6 Ω D = 41,7 Ω</p>
<p>Q 9</p> <p>Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A = 75 pF B = 20 nF C = 5,6 nF D = 0,002 μF</p>	<p>Q 10</p> <p>Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A = 5 nF B = 198 pF C = 18,2 nF D = 20,2 nF</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 8

Q 1 Référence : T2-1 Réponse : B

période de 2 ms, donc la fréquence est égale à $1/0,002 = 500$ Hz

Sur une calculette : $2 \cdot 10^{-3} (t) [1/x] = 500 \cdot 10^0$ soit 500

Ou, en écriture naturelle : $F = 1/t$ donc : $1 \div 2 \cdot 10^{-3} (t) = 500 \cdot 10^0$ soit 500

Q 2 Référence : T2-1 Réponse : D

La fréquence est de 15 kHz, la période dure donc $1/15000$ s = 66,6 μ s

Le schéma représente 2,5 périodes, donc le signal dure :

$2,5 \times 66,6 \mu\text{s} = 166,6 \mu\text{s} = 0,166$ ms

Sur une calculette : $15 \cdot 10^3 (Fq) [1/x] = 66,66 \cdot 10^{-6} \times 2,5$ (Nb période) = $166,6 \cdot 10^{-6}$ soit 166,6 μ s, soit 0,166 ms

Q 3 Référence : T2-1 Réponse : A

à 14 MHz, la pulsation (ω) = $2 \times \pi \times F = 6,28 \times 14.000.000 = 87.920.000$ rad/s

Sur une calculette : $2 \times [\pi] \times 14 \cdot 10^6 (F) = 87,965 \cdot 10^6$ arrondi à 87.900.000 rad/s

Q 4 Référence : T2-1 Réponse : C

La période dure 25 μ s = 0,000 025 s, la fréquence est donc de :

$1/0,000 025 = 40.000$ Hz

Sur cette fréquence, la pulsation est de : $2 \times \pi \times F = 6,2832 \times 40.000 = 251.300$ rad/s

Sur une calculette : $25 \cdot 10^{-6}$ (durée période) $[1/x] = 40 \cdot 10^3 \times 2 \times [\pi] = 251,327 \cdot 10^3$

soit, en arrondissant, 251.300

Ou, en écriture naturelle, calcul de la fréquence : $F = 1/t : 1 \div 25 \cdot 10^{-6}$ (durée période) = $40 \cdot 10^3$ soit 40 kHz

Q 5 Référence : T2-1 Réponse : A

$\omega = 2 \times \pi \times F$, donc $F = \omega / (2 \times \pi) = \omega / 6,2832$

$F = 150.000$ rad/s / 6,2832 = 23.870 Hz

Q 6 Référence : T2-2 Réponse : D

$U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} \times 0,707 = 18 \text{ V} \times 0,707 = 12,7 \text{ V}$

Q 7 Référence : T2-3 Réponse : C

$Q = C \times U = 18 \mu\text{F} \times 10 \text{ V}$

= 0,000 018 x 10

= 0,000 18 C = 0,18 mC = 180 μ C

Q 8 Référence : T2-3 Réponse : C

$Z(\Omega) = 159/(F(\text{MHz}) \times C(\text{nF}))$

= $159 / (12 \times 2) = 159/24 = 6,625$ arrondi à 6,6 Ω

Sur une calculette : $12 \cdot 10^6 (F) \times 2 \cdot 10^{-9} (C) = 24 \cdot 10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 150,8 \cdot 10^{-3} [1/x] = 6,631 \cdot 10^0$ arrondi à 6,6

Formule simplifiée : $F (\text{Hz}) = 159 \div 12$ (F en MHz) $\div 2$ (C en nF) = 6,625 arrondi à 6,6

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times 12 \cdot 10^6 (F) \times 2 \cdot 10^{-9} (C)) = 6,631$ arrondi à 6,6

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : D

C équivalente = somme des capacités (en parallèle)

400 pF = 0,4 nF

1,5 nF + 0,1 nF + 0,4 nF = 2 nF = 0,002 μ F

Q 10 Référence : T2-3 Réponse : A

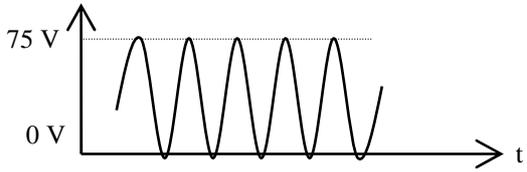
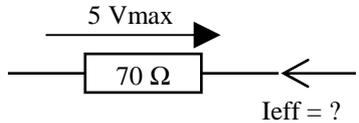
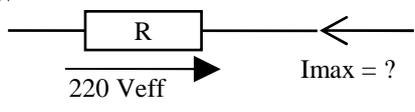
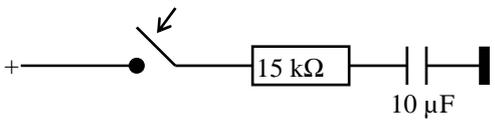
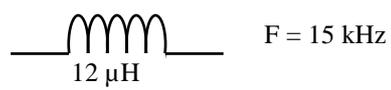
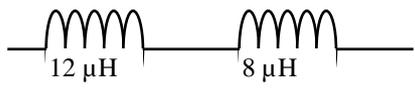
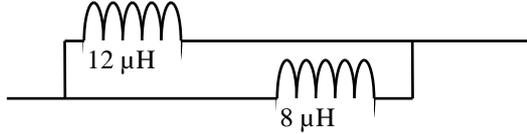
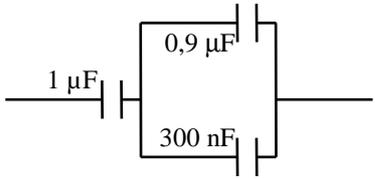
Premier ensemble : $(12 \times 8)/(12 + 8) = 96/20 = 4,8$ nF

Ensemble complet : 4,8 nF + 200 pF = 4,8 nF + 0,2 nF = 5 nF

Série n°9

Thème : Chapitre Technique 2

Temps : 15 minutes

<p>Q 1</p> <p>Comment se nomme la tension 75 V ?</p>  <p>A = Ueff B : Umax C : Ucrête D : Ucrête à crête</p>	<p>Q 2</p>  <p>A = 14 A B = 50 mA C = 71,4 mA D = 0,1 A</p>
<p>Q 3</p> <p>P = 1 kW</p>  <p>A = 4,54 A B = 6,43 A C = 0,311 A D = 0,22 A</p>	<p>Q 4</p> <p>En combien de temps le condensateur sera-t-il "rempli" une fois le contact établi ?</p>  <p>A = 150 ms B = 750 ms C = 450 ms D = 15 ms</p>
<p>Q 5</p> <p>une bobine de 10 μH possède 8 spires. Combien de spires possèdera une bobine de 40 μH (les autres paramètres de la bobine ne changent pas) ?</p> <p>A = 4 B = 16 C = 2 D = 32</p>	<p>Q 6</p>  <p>Quelle est l'impédance de la bobine ?</p> <p>A = 1,13 Ω B = 12 Ω C = 0,18 Ω D = 11,1 Ω</p>
<p>Q 7</p> <p>Quelle est la valeur équivalente de ce circuit ?</p>  <p>Les bobines n'ont pas de mutuelle-inductance</p> <p>A = impossible à calculer B = infinie C = 4,8 μH D = 20 μH</p>	<p>Q 8</p> <p>Quelle est la valeur équivalente de ce circuit ?</p>  <p>Les bobines sont blindées</p> <p>A = 4,8 μH C = impossible à calculer B = 20 μH D = infinie</p>
<p>Q 9</p> <p>Quelle est la pulsation de ce circuit ?</p>  <p>A = 131,88 rad/s B = 131.880.000 rad/s C = 21.000 rad/s D = 62.800 rad/s</p>	<p>Q 10</p> <p>Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A = 1,833 μF B = 1,225 μF C = 225 nF D = 545 nF</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 9

Q 1 Référence : T2-2 Réponse : D

Attention : il ne s'agit pas de U_{\max} car la tension de référence (0 V) n'est pas située au milieu de la sinusoïde.

Q 2 Référence : T2-2 Réponse : B

$$U_{\text{eff}} = U_{\max} \times 0,707 = 5 \times 0,707 = 3,5 \text{ V}$$

$$I = U / R = 3,5\text{V} / 70\Omega = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

Q 3 Référence : T2-2 Réponse : B

$$P = U \times I \text{ donc } I = P / U = 1000/220 = 4,55 \text{ A}$$

$$I_{\max} = I_{\text{eff}} \times 1,414 = 4,55 \times 1,414 = 6,43 \text{ A}$$

Q 4 Référence : T2-4 Réponse : B

le condensateur est rempli au bout de 5 périodes (T)

La période est calculée comme suit : $T(\text{s}) = R(\Omega) \times C(\text{F})$

$$T = 15.000 \times 0,000\ 010 = 0,15 \text{ s}$$

$$5T = 5 \times 0,15 = 0,75 \text{ s} = 750 \text{ ms}$$

$$\text{Sur une calculette : } 15.10^3 (R) \times 10.10^{-6} (C) = 150.10^{-3} \times 5 = 750.10^{-3} \text{ soit } 750 \text{ ms}$$

$$\text{ou formule simplifiée : } t(\text{ms}) = 15 (R \text{ en } k\Omega) \times 1 (C \text{ en } \mu\text{F}) = 150 \text{ ms ; } 5t = 5 \times 150 \text{ ms} = 750 \text{ ms}$$

Q 5 Référence : T2-3 Réponse : B

$$L = F \times N^2 \times D^2$$

La bobine a une valeur 4 fois plus grande, elle devra donc avoir $\sqrt{4}$ fois plus de spires, soit 2 fois plus = 16 spires

Q 6 Référence : T2-3 Réponse : A

$$Z = 6,28 \times F \times L = 6,28 \times 15000 \times 0,000\ 012 = 1,13 \Omega$$

$$\text{Sur une calculette : } 15.10^3 (F) \times 12.10^{-6} (L) = 180.10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 1,13.10^0 = 1,13$$

$$\text{Formule simplifiée : } Z (\Omega) = 6,28 \times 0,015 (F \text{ en MHz}) \times 12 (L \text{ en } \mu\text{H}) = 1,1304 \text{ arrondi à } 1,13$$

Q 7 Référence : T2-3 Réponse : D

L'indication « les bobines sont blindées » signifie qu'il n'y a pas de mutuelle induction entre les deux bobines. Les calculs se font donc comme pour les résistances. Sans l'indication sur le blindage des bobines, le calcul aurait été impossible à faire.

$$L_{\text{éq}} = L_1 + L_2 = 12 \mu\text{H} + 8 \mu\text{H} = 20 \mu\text{H}$$

Q 8 Référence : T2-3 Réponse : A

$$L_{\text{éq}} = (L_1 \times L_2) / (L_1 + L_2) = (12 \times 8) / (12 + 8) = 96/20 = 4,8 \mu\text{H}$$

$$\text{Sur une calculette : } 1 \div (1 \div 12 (L_1) + 1 \div 8 (L_2)) = 4,8$$

Q 9 Référence : T2-1 Réponse : B

$$\omega = 2 \times \pi \times F = 6,28 \times 21 \text{ MHz} = 6,28 \times 21.000.000 = 131.880.000 \text{ rad/s}$$

La valeur de la bobine ne sert pas dans les calculs.

Q 10 Référence : T2-3 Réponse : D

$$\text{Premier ensemble : parallèle} \Rightarrow \text{addition : } 0,9 \mu\text{F} + 300 \text{ nF} = 900 \text{ nF} + 300 \text{ nF} = 1200 \text{ nF}$$

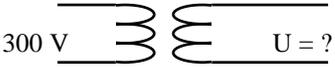
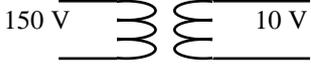
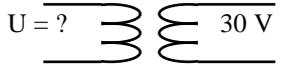
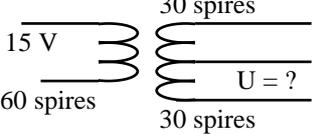
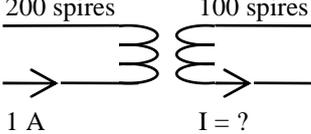
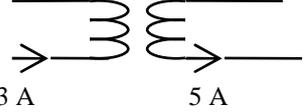
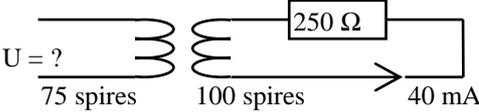
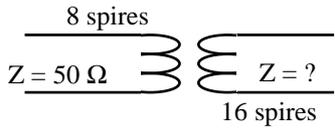
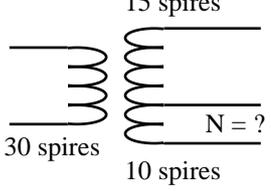
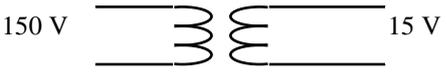
$$\text{Ensemble complet : série} \Rightarrow C_T = (C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2) ; 1 \mu\text{F} = 1000 \text{ nF}$$

$$C_T = (1200 \times 1000) / (1200 + 1000) = 1.200.000 / 2.200 = 545 \text{ nF}$$

Série n°10

Thème : Chapitre Technique 3

Temps : 20 minutes

<p>Q 1</p> <p style="text-align: center;"> 150 spires 100 spires </p>  <p style="text-align: center;">300 V U = ?</p> <p>A : 100 V B : 150 V C : 200 V D : 450 V</p>	<p>Q 2</p> <p>Quel est le nombre de spires au secondaire ?</p>  <p style="text-align: center;">150 V 10 V</p> <p style="text-align: center;">225 spires</p> <p>A : 15 B : 10 C : 66 D : 25</p>
<p>Q 3</p>  <p style="text-align: center;">U = ? 30 V</p> <p style="text-align: center;">60 spires 120 spires</p> <p>A : 120 V B : 60 V C : 45 V D : 15 V</p>	<p>Q 4</p>  <p style="text-align: center;">15 V 30 spires</p> <p style="text-align: center;">60 spires U = ?</p> <p style="text-align: center;">30 spires</p> <p>A : 5 V B : 7,5 V C : 15 V D : 30 V</p>
<p>Q 5</p>  <p style="text-align: center;">200 spires 100 spires</p> <p style="text-align: center;">1 A I = ?</p> <p>A : 1 A B : 2 A C : 500 mA D : 200 mA</p>	<p>Q 6</p> <p>Quel est le rapport de transformation ?</p>  <p style="text-align: center;">3 A 5 A</p> <p>A : 3 B : 5 C : 1,4 D : 0,6</p>
<p>Q 7</p>  <p style="text-align: center;">U = ? 250 Ω</p> <p style="text-align: center;">75 spires 100 spires 40 mA</p> <p>A : 7,5 V B : 10 V C : 15 V D : 25 V</p>	<p>Q 8</p>  <p style="text-align: center;">8 spires Z = 50 Ω</p> <p style="text-align: center;">Z = ? 16 spires</p> <p>A : 25 Ω B : 100 Ω C : 200 Ω D : 250 Ω</p>
<p>Q 9 Quel est le rapport de transformation N ?</p>  <p style="text-align: center;">15 spires</p> <p style="text-align: center;">30 spires N = ?</p> <p style="text-align: center;">10 spires</p> <p>A : 0,1 B : 0,3333 C : 0,833 D : 0,5</p>	<p>Q 10 Quel est le rapport de transformation ?</p>  <p style="text-align: center;">150 V 15 V</p> <p>A : 0,1 B : 0,15 C : 5 D : 10</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 15/30

Réponses Série 10

Q 1 Référence : T3-1 Réponse : C

$$N = ns/np = 100/150 = 0,6666$$

$$U_s = U_p \times N = 300 \times 0,666 = 200 \text{ V}$$

Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $\frac{U_s}{U_p} = \frac{ns}{np}$

$$\text{donc } U_s = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (U_p \times ns) / np = (300 \times 100) / 150 = 200 \text{ V}$$

Q 2 Référence : T3-1 Réponse : A

$$N = U_s/U_p = 10/150 = 0,0666$$

$$N = ns/np \text{ donc } ns = np \times N = 225 \times 0,0666 = 15$$

Par le produit en croix, on retient les couples U et N : $\frac{U_s}{U_p} = \frac{N}{1}$

$$\text{donc } N = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (U_p \times 1) / U_s = (150 \times 1) / 10 = 15$$

Q 3 Référence : T3-1 Réponse : D

$$N = ns/np = 120/60 = 2$$

$$U_p = U_s/N = 30/2 = 15 \text{ V}$$

Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = ns / np$;

$$\text{donc } U_p = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (U_s \times np) / ns = (30 \times 60) / 120 = 15$$

Q 4 Référence : T3-1 Réponse : B

$$N = ns/np = 30/60 = 0,5$$

$$U_s = U_p \times N = 15 \times 0,5 = 7,5 \text{ V}$$

Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = ns / np$;

$$\text{donc } U_s = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (U_p \times ns) / np = (15 \times 30) / 60 = 7,5$$

Q 5 Référence : T3-1 Réponse : B

$$N = ns/np = 100/200 = 0,5$$

$$I_s = I_p / N = 1/0,5 = 2 \text{ A}$$

Par le produit en croix, on retient les couples I et n : $I_p / I_s = ns / np$;

$$\text{donc } I_s = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (I_p \times np) / ns = (1 \times 200) / 100 = 2$$

Q 6 Référence : T3-1 Réponse : D

$$N = I_p / I_s = 3/5 = 0,6$$

Par le produit en croix, on retient les couples I et N : $I_p / I_s = N / 1$;

$$\text{donc } N = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (I_p \times 1) / I_s = (3 \times 1) / 5 = 0,6$$

Q 7 Référence : T3-1 Réponse : A

$$U_s = R \times I_s = 250 \Omega \times 0,04 \text{ A} = 10 \text{ V}$$

$$N = ns/np = 100/75 = 1,333$$

$$U_p = U_s / N = 10 / 1,333 = 7,5 \text{ V}$$

Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = ns / np$;

$$\text{donc } U_p = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (U_s \times np) / ns = (10 \times 75) / 100 = 7,5$$

Q 8 Référence : T3-1 Réponse : C

$$N = ns/np = 16/8 = 2$$

$$Z_s = Z_p \times N^2 = 50 \times 2 \times 2 = 200 \Omega$$

Par le produit en croix, on retient les couples Z et n : $\sqrt{Z_s} / \sqrt{Z_p} = ns / np$;

donc $\sqrt{Z_s}$ = produit de la 2ème diagonale / valeur opposée = $(\sqrt{Z_p} \times ns) / np$; en élevant au carré :

$$Z_s = (Z_p \times ns^2) / np^2 = (50 \times 16^2) / 8^2 = (50 \times 256) / 64 = 200$$

Q 9 Référence : T3-1 Réponse : B

$N = ns/np = 10/30 = 0,333$ Attention : en sortie de ce transformateur, il y a deux secondaires. Dans cette question, on ne s'intéresse qu'au secondaire du bas puisqu'il y est indiqué "N = ?".

Par le produit en croix, on retient les couples N et n : $N / 1 = ns / np$;

$$\text{donc } N = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (1 \times ns) / np = (1 \times 10) / 30 = 0,333$$

Q 10 Référence : T3-1 Réponse : A

$$N = U_s / U_p = 15/150 = 0,1$$

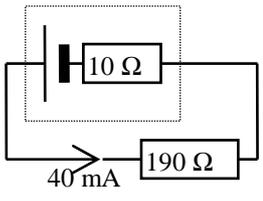
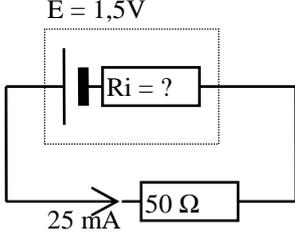
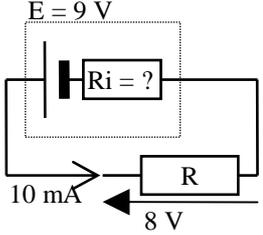
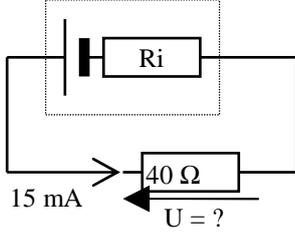
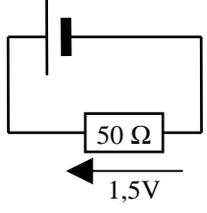
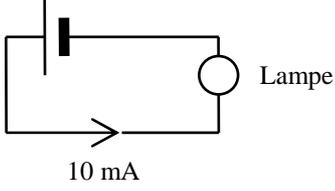
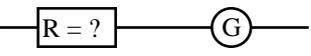
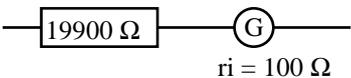
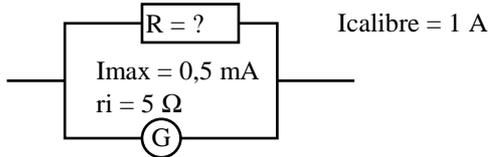
Par le produit en croix, on retient les couples U et N : $U_s / U_p = N / 1$;

$$\text{donc } N = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (U_s \times 1) / U_p = (1 \times 15) / 150 = 0,1$$

Série n°11

Thème : Chapitre Technique 3

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle est la f.é.m. de la pile ?</p>  <p>A : 10 V B : 9 V C : 8 V D : 4 V</p>	<p>Q 2</p>  <p>A : 10 Ohm B : 15 Ohm C : 25 Ohm D : 60 Ohm</p>
<p>Q 3</p>  <p>A : 1 Ohm B : 10 Ohm C : 50 Ohm D : 100 Ohm</p>	<p>Q 4 Valeur de la tension aux bornes de la résistance ?</p>  <p>A : 0,15 V B : 0,6 V C : 6 V D : 9 V</p>
<p>Q 5 Ce circuit ne peut fonctionner que pendant 1 heure. Quelle est la capacité de la pile ?</p>  <p>A : 0,03 C B : 0,3 Ah C : 108 C D : 120 C</p>	<p>Q 6 La lampe à incandescence est restée allumée pendant 8 heures. Quelle est la quantité d'énergie débitée par la pile ?</p>  <p>A : 0,08 Ah B : 2880 C C : 0,8 Ah D : 800 C</p>
<p>Q 7 Le calibre de ce voltmètre est 10 Volts Quelle est la valeur de R ?</p> <p>$I_{max} = 1 \text{ mA}$ $r_i = 50 \text{ Ohm}$</p>  <p>A : 9950 Ohm B : 99950 Ohm C : 50050 Ohm D : 49950 Ohm</p>	<p>Q 8 La tension de calibre du voltmètre est 20 V. Quelle est l'intensité de déviation maximum du galvanomètre ?</p>  <p>A : 0,01 A B : 0,1 A C : 0,1 mA D : 1 mA</p>
<p>Q 9</p>  <p>A : 0,025 Ohm B : 0,5 m Ohm C : 2,5 Ohm D : 2501 micro Ohm</p>	<p>Q 10 Le galvanomètre d'un voltmètre calibré pour 10 Volts a une déviation maximale pour un courant de 0,4 mA. Quelle est la résistance à mettre en série avec le voltmètre pour obtenir un calibre de 25 V ?</p> <p>A : 25000 Ohm B : 62500 Ohm C : 37500 Ohm D : 40000 Ohm</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 11

Q 1 Référence : T3-3 Réponse : C

$$E = R \times I = (R + r) \times I = (190 + 10) \times 0,04 = 200 \times 0,04 = 8 \text{ V}$$

Q 2 Référence : T3-3 Réponse : A

$$r = R_{\text{totale}} - R = (E/I) - R = (1,5/0,025) - 50 = 60 - 50 = 10 \Omega$$

Q 3 Référence : T3-3 Réponse : D

$$r = U_r / I = (E - U) / I = (9 - 8) / 0,01 = 1 / 0,01 = 100 \Omega$$

Q 4 Référence : T3-3 Réponse : B

La pile et sa résistance interne ne servent à rien dans ce problème

$$U = R \times I = 40 \times 0,015 = 0,6 \text{ V}$$

Q 5 Référence : T3-3 Réponse : C

$$I = U / R = 1,5 / 50 = 0,03 \text{ A, soit } 0,03 \text{ Ah (mais pas de réponse)}$$

1 heure = 3600 secondes

$$Q = I \times t = 0,03 \times 3600 = 108 \text{ C}$$

Q 6 Référence : T3-3 Réponse : A

$$Q = I \times t = 0,01 \text{ A} \times 8 \text{ heures} = 0,08 \text{ Ah}$$

Q 7 Référence : T3-4 Réponse : A

$$R = (U_{\text{calibre}} / I_{\text{galva}}) - r = (10 \text{ V} / 0,001 \text{ A}) - 50 = 10000 - 50 = 9950 \Omega$$

Q 8 Référence : T3-4 Réponse : D

$$I = U / R = 20 / (19900 + 100) = 20 / 20000 = 0,001 = 1 \text{ mA}$$

Q 9 Référence : T3-4 Réponse : D

$$\begin{aligned} R &= (r \times I_g) / (I_{\text{calibre}} - I_g) = (5 \times 0,0005) / (1 - 0,0005) \\ &= 0,0025 \text{ V} / 0,9995 \text{ A} = 0,0025012 \Omega \\ &= 2,501 \text{ m}\Omega = 2501 \mu\Omega \end{aligned}$$

ou, autre raisonnement plus empirique : il passe dans le shunt 1999 fois plus de courant que dans le galvanomètre ($999,5/0,5=999,5 \times 2=1999$), la résistance du shunt sera donc 1999 fois plus petite : $5/1999 = 0,0025012$

Q 10 Référence : T3-4 Réponse : C

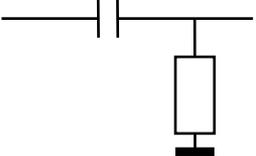
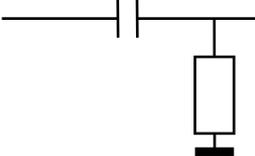
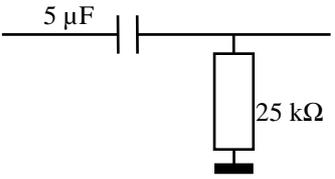
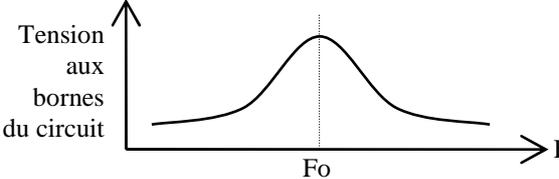
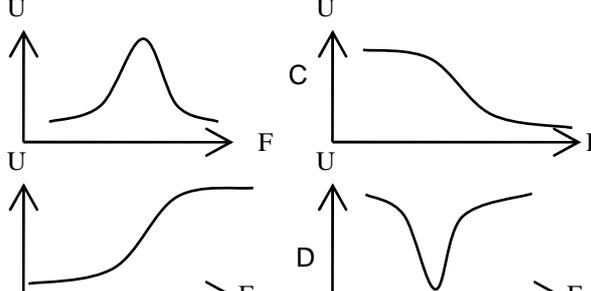
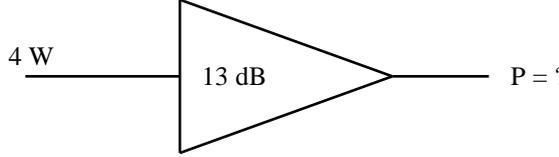
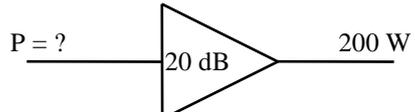
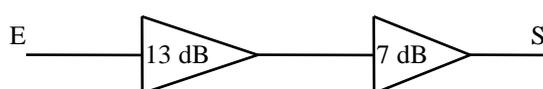
$$R_{\text{totale}10\text{V}} = U_{\text{calibre}} / I_g = 10 \text{ V} / 0,0004 = 25000 \Omega$$

$$\begin{aligned} R &= (R_{\text{totale}25\text{V}} / I_g) - R_{\text{totale}10\text{V}} = (25 / 0,0004) - 25000 \\ &= 62500 - 25000 = 37500 \Omega \end{aligned}$$

Série n°12

Thème : Chapitre Technique 4

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quel est le type de ce filtre ? ?</p>  <p>A = passe haut B = passe bas C = passe bande D = en Pi</p>	<p>Q 2 Quelle est l'atténuation de filtre (en dB/Octave)</p>  <p>A = 6 dB B = 10 dB C = 12 dB D = 3 dB</p>
<p>3 Quelle est la fréquence de coupure de ce filtre</p>  <p>A = 1,27 Hz B = 125 Hz C = 12,7 Hz D = 12,5 Hz</p>	<p>Q 4 Quel filtre possède ces caractéristiques ?</p>  <p>A = Passe Bande C = Passe bas B = Bouchon D = Passe haut</p>
<p>Q 5 Quelle courbe correspond au filtre Passe Haut ?</p> 	<p>Q 6 A quel rapport correspond 26 dB ?</p> <p>A : x 26 B : x 1.250.000 C : x 40 D : x 400</p>
<p>Q 7 Combien de dB font un rapport de puissance de 800 ?</p> <p>A : 25 dB B : 29 dB C : 3 dB D : 18 dB</p>	<p>Q 8</p>  <p>A = 20 W B = 52 W C = 80 W D = 124 W</p>
<p>Q 9</p>  <p>A = 2 W B = 10 W C = 20 W D = 40 W</p>	<p>Q 10 Quel est le rapport de l'ensemble ?</p>  <p>A : x 140 B : x 20 C : x 91 D : x 100</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 12

Q 1 Référence : T4-2 Réponse : A

Filtre passe haut : le condensateur est en haut.

Q 2 Référence : T4-2 Réponse : A

Un filtre R-C a une atténuation de 6 dB par octave pour une cellule à partir de la fréquence de résonance

Q 3 Référence : T4-2 Réponse : A

$$F(\text{Hz}) = 159 / (R(\text{k}\Omega) \times C(\mu\text{F})) = 159 / (25 \times 5) = 159 / 125 = 1,27 \text{ Hz}$$

Sur une calculette : $25 \cdot 10^3 (R) \times 5 \cdot 10^{-6} (C) = 125 \cdot 10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 785 ; 4 \cdot 10^{-3} [1/x] = 1,273$ arrondi à 1,27

formule simplifiée : $F (\text{Hz}) = 159 \div 25 (R \text{ en } \text{k}\Omega) \div 5 (C \text{ en } \mu\text{F}) = 1,272$ arrondi à 1,27

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times 25 \cdot 10^3 (R) \times 5 \cdot 10^{-6} (C)) = 1,273$ arrondi à 1,27

Q 4 Référence : T4-3 Réponse : B

Filtre bouchon : la tension aux bornes du circuit est maximum à la fréquence de résonance.

Q 5 Référence : T4-3 Réponse : B

La courbe montre la tension à la sortie du filtre. Le filtre passe haut ne laisse passer que les fréquences supérieures à sa fréquence de coupure

Q 6 Référence : T4-1 Réponse : D

26 dB : Dizaine = 2 => 100 x)

Unité = 6 => 4) 100 x 4 = 400

Sur une calculette : $26 (\text{dB}) \div 10 = 2,6 [10^x] = 398$ arrondi à 400

Ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (26 (\text{dB}) \div 10) = 398$ arrondi à 400

Q 7 Référence : T4-1 Réponse : B

800 = 8 x 100 : Dizaine = 100 => 2)

Unité = 8 => 9) 29 dB

Sur une calculette : $800 (\text{Rapport}) [\text{LOG}] = 2,903 \times 10 = 29,03$ arrondi à 29

Ou, en écriture naturelle : $10 \times ([\text{LOG}] 800 (\text{Rapport})) = 29,03$ arrondi à 29

Q 8 Référence : T4-1 Réponse : C

13 dB : Dizaine = 1 => 10)

Unité = 3 => 2) Rapport = 2 x 10 = 20

Sur une calculette : $13 (\text{dB}) \div 10 = 1,3 [10^x] = 19,95$ arrondi à 20

Ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (13 (\text{dB}) \div 10) = 19,95$ arrondi à 20

Entrée = 4 W ; Sortie = 4 W x Rapport = 4 W x 20 = 80 W

Q 9 Référence : T4-1 Réponse : A

20 dB : Dizaine = 2 => 100)

Unité = 0 => 1) Rapport = 1 x 100 = 100

Sur une calculette : $20 (\text{dB}) \div 10 = 2,0 [10^x] = 100$

Ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (20 (\text{dB}) \div 10) = 100$

Sortie = 200 W ; Entrée = 200 W / Rapport = 200 W / 100 = 2 W

Q 10 Référence : T4-1 Réponse : D

Quand on parle de rapport, il s'agit du rapport en puissance, ce qui n'est pas précisé ici mais qui est sous-entendu. Les gains en dB s'additionnent lorsque les amplificateurs sont en série.

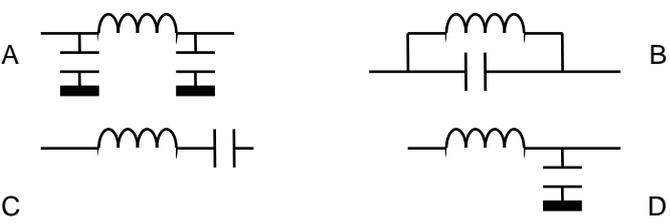
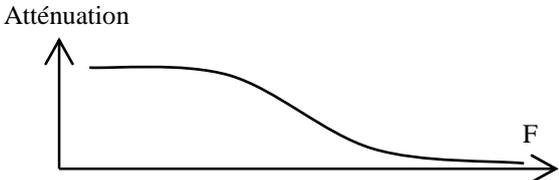
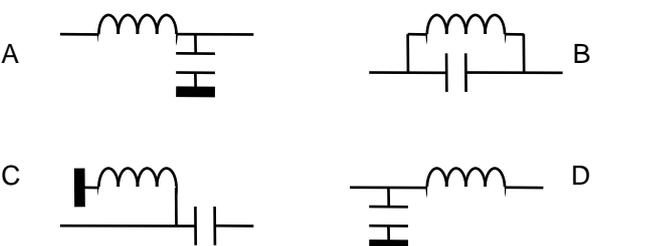
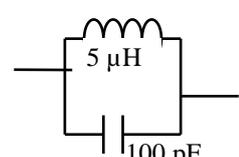
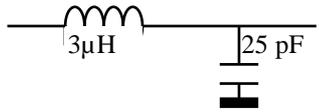
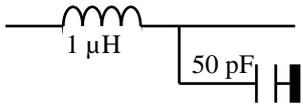
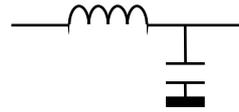
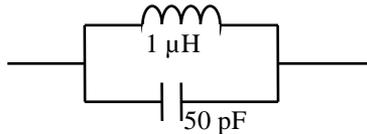
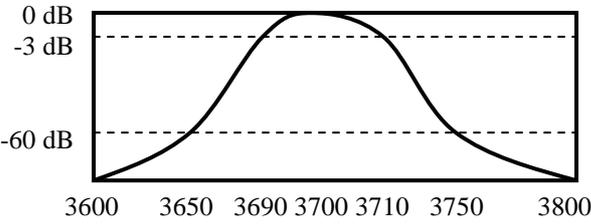
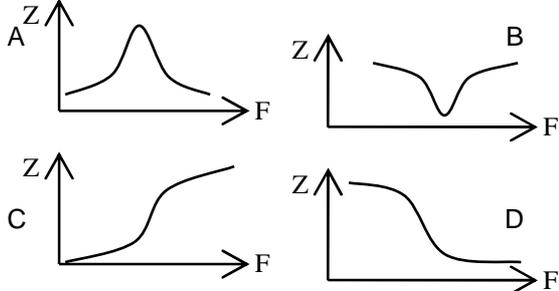
13 dB + 7 dB = 20 dB

20 dB : voir calcul réponse 9 de cette série = x 100

Série n°13

Thème : Chapitre Technique 4

Temps : 13 minutes

<p>Q 1 Quel est le circuit "bouchon" ?</p> 	<p>Q 2 Quel nom porte le circuit qui a ces caractéristiques ?</p>  <p>A : Circuit bouchon B : Filtre série C : Filtre parallèle D : Filtre passe haut</p>
<p>Q 3 Quel est le circuit "Passe Haut" ?</p> 	<p>Q 4 Quelle est la fréquence de résonance de ce circuit ?</p>  <p>A : 7,1 MHz B : 38 MHz C : 710 kHz D : 3,8 MHz</p>
<p>Q 5 Quelle est la fréquence de coupure de ce circuit ?</p>  <p>A : 120 kHz B : 144,5 MHz C : 18,4 MHz D : 1,325 MHz</p>	<p>Q 6 Quelle est l'atténuation de ce filtre ?</p>  <p>A : 3 dB/octave B : 6 dB/octave C : 12 dB/octave D : 20 dB/octave</p>
<p>Q 7 Ce filtre a une fréquence de coupure de 14 MHz. Pour une fréquence de 28 MHz, quelle sera l'atténuation de ce filtre ?</p>  <p>A : 1,5 dB B : 12 dB C : 6 dB D : 8 dB</p>	<p>Q 8 A la fréquence de résonance, quelle sera l'impédance aux bornes de ce filtre ?</p>  <p>A : 50 Ω B : 22,7 kΩ C : Infinie D : nulle</p>
<p>Q 9 Quel est le taux de sélectivité de ce filtre ?</p>  <p>A : 10% B : 20 % C : 5% D : 1 %</p>	<p>Q 10 Quelle courbe caractérise le circuit Série ?</p> 

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 13

Q 1 Référence : T4-3 Réponse : B

Q 2 Référence : T4-3 Réponse : D

L'atténuation est plus faible pour les fréquences supérieures à la fréquence de coupure.

Bien lire la question et regarder attentivement les schémas et les échelles : si, au lieu d'« atténuation », il y avait écrit « tension », le filtre aurait été un passe bas. Toutefois, on a rarement une échelle « atténuation » mais plus souvent une échelle « dB » avec 0 dB en haut et des dB négatifs en dessous, ce qui fait que la courbe n'est pas inversée par rapport à celle des tensions présentes en sortie du filtre.

Q 3 Référence : T4-3 Réponse : C Attention, dans le schéma, le condensateur n'est pas en haut : il faut redessiner le schéma en mettant la masse et la bobine en bas si on utilise le phrase mnémotechnique.

Q 4 Référence : T4-3 Réponse : A

$$F(\text{MHz}) = 159 / (\sqrt{L(\mu\text{H}) \times C(\text{pF})}) = 159 / \sqrt{(5 \times 100)} = 159 / \sqrt{500} = 159 / 22,4 = 7,1 \text{ MHz}$$

Sur une calculatrice : $5 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C) = 500 \cdot 10^{-18} [\sqrt{\quad}] = 22,36 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 140,5 \cdot 10^{-9} [1/x] = 7,12 \cdot 10^6$
converti en 7,12 M, arrondi en 7,1 M

formule simplifiée : $F (\text{MHz}) = 159 / \sqrt{(5 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 100 (C \text{ en } \text{pF}))} = 7,098$ arrondi à 7,1 MHz

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [\sqrt{\quad}]) (5 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C)) = 7,12 \cdot 10^6$ converti en 7,12 M, arrondi à 7,1 M

Q 5 Référence : T4-3 Réponse : C

$$F = 159 / \sqrt{(3 \times 25)} = 159 / \sqrt{75} = 159 / 8,66 = 18,4 \text{ MHz}$$

Sur une calculatrice : $3 \cdot 10^{-6} (L) \times 25 \cdot 10^{-12} (C) = 75 \cdot 10^{-18} [\sqrt{\quad}] = 8,660 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 54,41 \cdot 10^{-9} [1/x] = 18,38 \cdot 10^6$
converti en 18,38 M, arrondi en 18,4 M

formule simplifiée : $F (\text{MHz}) = 159 / \sqrt{(3 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 25 (C \text{ en } \text{pF}))} = 18,36$ arrondi à 18,4 MHz

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [\sqrt{\quad}]) (3 \cdot 10^{-6} (L) \times 25 \cdot 10^{-12} (C)) = 1,838 \cdot 10^7$ converti en 18,38 M, arrondi à 18,4 M

Q 6 Référence : T4-3 Réponse : C

Les filtres passe haut et passe bas avec une cellule LC ont tous une atténuation de 12 dB par octave. On a 6 dB par octave d'atténuation par élément actif (L ou C) à partir de la fréquence de coupure.

Q 7 Référence : T4-3 Réponse : B

28 MHz est l'harmonique 2 du 14 MHz, c'est donc l'octave supérieure.

Il s'agit d'un filtre passe bas et atténue les fréquences supérieures à la fréquence de coupure. Le filtre possède une seule cellule LC. L'atténuation est de 12 dB par cellule LC et par octave supérieure.

L'atténuation de ce filtre à 28 MHz est donc de 12 dB.

Q 8 Référence : T4-3 Réponse : C

Pour le filtre bouchon parfait (sans résistance), l'impédance à la résonance est infinie. Les valeurs de L et C ne servent à rien. Elles auraient servis dans un filtre bouchon non parfait (avec résistance).

Q 9 Référence : T4-4 Réponse : B

Le taux de sélectivité d'un filtre se calcule par le rapport de la bande passante à -3 dB divisé par la bande passante à -60 dB. La bande passante à -3 dB est de 20 kHz (3710 - 3690 = 20). La bande passante à -60 dB est de 100 kHz (3750 - 3650 = 100). D'où un taux de sélectivité de : $(20 / 100) \times 100 = 20 \%$. Les valeurs 3600, 3700 et 3800 ne servent à rien. Le facteur de forme (ou facteur de sélectivité) est l'inverse du taux de sélectivité (= 5 soit 100/20)

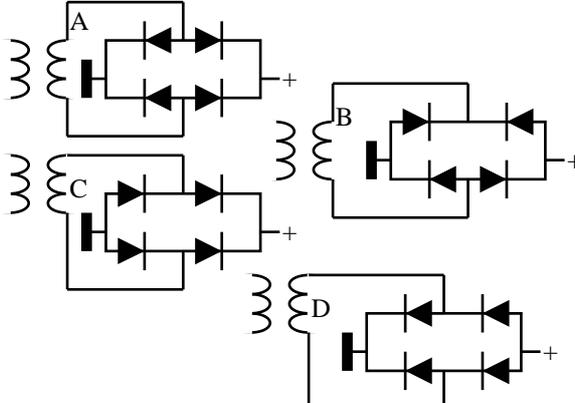
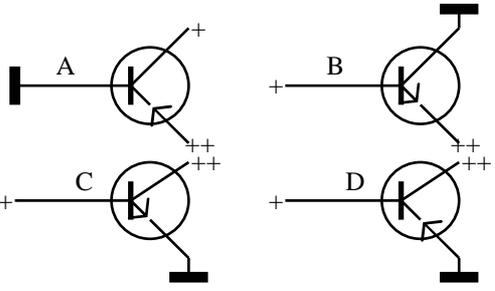
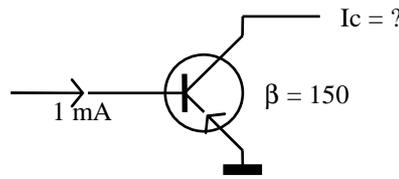
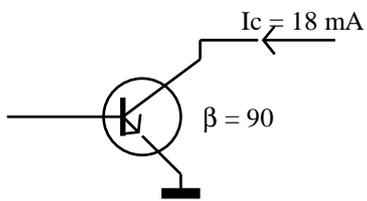
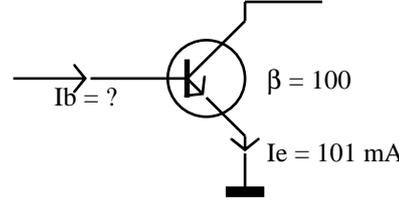
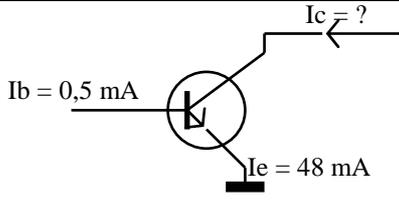
Q 10 Référence : T4-3 Réponse : B

Dans un filtre série (filtre passe-bande), l'impédance (notée Z) est minimum à la fréquence de résonance. La mesure de l'impédance se fait aux bornes du circuit lorsqu'il est en série ou en parallèle et à sa sortie (entre la sortie et la masse) lorsqu'il est passe-haut ou passe-bas.

Série n°14

Thème : Chapitre Technique 5 et 6

Temps : 12 minutes

<p>Q 1 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : Dans les diodes, le courant passe dans le sens P->N</p> <p>B : Dans le sens passant de la diode, la cathode est reliée au +</p> <p>C : La chute de tension dans une diode Silicium est entre 0,6 et 0,7 V dans le sens passant</p> <p>D : Dans une diode, il y a une anode et une cathode</p>	<p>Q 2 Quel montage permet-il de redresser le courant alternatif ?</p> 
<p>Q 3 Quel est le transistor alimenté correctement ?</p> 	<p>Q 4 Quel est le courant collecteur ?</p>  <p>A : 150 mA B : 1,5 A C : 225 mA D : 6,67 mA</p>
<p>Q 5 Quel est le courant de base ?</p>  <p>A : 5 A B : 1,62 A C : 2 mA D : 200µA</p>	<p>Q 6 Quel est le courant de base ?</p>  <p>A : 150 mA B : 1 mA C : 225 mA D : 6,67 mA</p>
<p>Q 7</p>  <p>A : 47,5 mA B : 48,5 mA C : 96 mA D : 100 mA</p>	<p>Q 8 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : Ic est directement fonction de Ib</p> <p>B : L'émetteur d'un PNP est relié au -</p> <p>C : La flèche du transistor est dirigée vers le -</p> <p>D : un transistor est composé de deux diodes montées tête bêche</p>
<p>Q 9 Dans le montage en émetteur commun :</p> <p>A : le gain en intensité est nul</p> <p>B : L'impédance d'entrée est moyenne</p> <p>C : L'impédance de sortie est basse</p> <p>D : Il n'y a pas de déphasage entre l'entrée et la sortie</p>	<p>Q 10 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : En collecteur commun, gain en intensité nul</p> <p>B : En base commune, Z sortie très élevée</p> <p>C : En émetteur commun, gain en intensité = β</p> <p>D : En base commune, gain en intensité = $\beta/(\beta+1)$</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 14

Q 1 Référence : T5-1 Réponse : B

Dans le sens passant, la cathode de la diode est reliée au -

Q 2 Référence : T5-3 Réponse : C

Les flèches des diodes doivent être toutes dirigées vers le + de l'alimentation

Q 3 Référence : T6-1 Réponse : C

La flèche de l'émetteur indique le - ; seules les réponses A et C correspondent à cette condition

Le collecteur est relié à la tension inverse de l'émetteur et la base à une tension intermédiaire ; des deux réponses encore possible, seule la réponse C correspond à cette condition

Q 4 Référence : T6-2 Réponse : A

$I_c = \beta \times I_b = 150 \times 1 \text{ mA} = 150 \text{ mA}$

Q 5 Référence : T6-2 Réponse : D

$I_c = \beta \times I_b$, donc $I_b = I_c / \beta = 18 \text{ mA} / 90 = 0,2 \text{ mA} = 200 \mu\text{A}$

Sur une calculette : $18.10^{-3} (I_c) = 1,8.10^{-2} \div 90 = 2.10^{-4}$ converti en 200μ

Q 6 Référence : T6-2 Réponse : B

$I_e = I_b \times (\beta + 1)$, donc $I_b = I_e / (\beta + 1) = 101 \text{ mA} / 101 = 1 \text{ mA}$

Q 7 Référence : T6-2 Réponse : A

$I_e = I_b + I_c$, donc $I_c = I_e - I_b = 48 \text{ mA} - 0,5 \text{ mA} = 47,5 \text{ mA}$

Q 8 Référence : T6-2 Réponse : B

L'émetteur d'un transistor PNP doit être relié au + (mnémotechnique : initiale P comme +)

Q 9 Référence : T6-3 Réponse : B

Dans un montage en émetteur commun (le plus répandu), l'impédance d'entrée est moyenne, celle de sortie est élevée, le gain en tension est moyen et le circuit introduit un déphasage de 180° entre l'entrée et la sortie

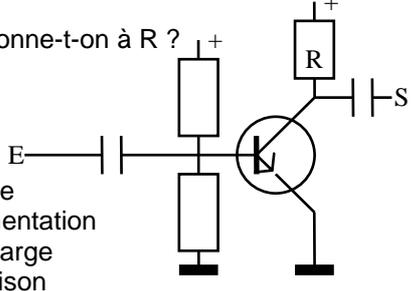
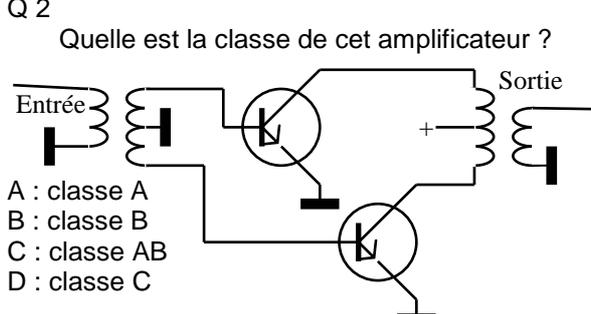
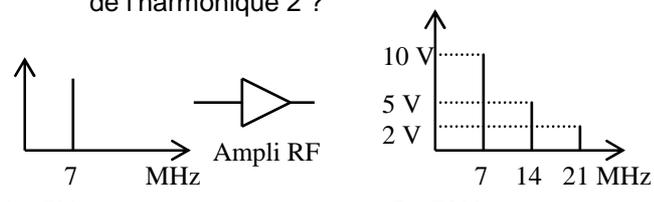
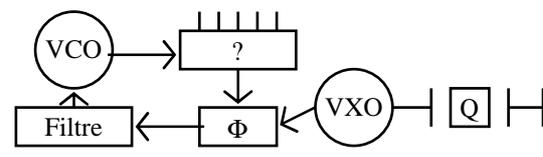
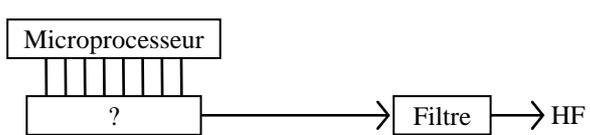
Q 10 Référence : T6-3 Réponse : A

En collecteur commun, le gain en intensité est $\beta + 1$

Série n°15

Thème : Chapitre Technique 7

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quel nom donne-t-on à R ?</p>  <p>A : Contre-Résistance B : Résistance d'alimentation C : Résistance de charge D : Résistance de liaison</p>	<p>Q 2 Quelle est la classe de cet amplificateur ?</p>  <p>A : classe A B : classe B C : classe AB D : classe C</p>
<p>Q 3 Quel est le taux de distorsion harmonique de l'harmonique 2 ?</p>  <p>A : 5% B : 70% C : 15% D : 50%</p>	<p>Q 4 Quelle est l'affirmation fautive ?</p> <p>A : le rendement de la classe A peut atteindre 50 % B : la classe B nécessite deux transistors C : la classe C est surtout utilisée en AM D : en classe C, le rendement peut dépasser 80 %</p>
<p>Q 5 Une liaison entre deux étages d'amplification par transformateur :</p> <p>A : ne fonctionne qu'en courant continu B : permet d'adapter les impédances des circuits C : est le montage le plus utilisé D : ne permet pas le passage de puissance élevée</p>	<p>Q 6 Quel est le nom de l'étage marqué "?" dans ce synthétiseur à bouclage de phase (PLL) ?</p>  <p>A : comparateur de phase B : oscillateur de référence C : Diviseur D : Microprocesseur</p>
<p>Q 7 Quel est le nom de l'étage marqué "?" dans ce synthétiseur de type DDS ?</p>  <p>A : Comparateur de phase B : Convertisseur D/A C : Verrouillage de phase D : Échantillonneur</p>	<p>Q 8 Un mélangeur :</p> <p>A : additionne les tensions d'entrée B : multiplie les tensions d'entrée C : est un amplificateur linéaire D : est monté autour d'un FET à une porte</p>
<p>Q 9 A l'entrée d'un mélangeur, on trouve deux fréquences 8 et 12 MHz, quelles fréquences trouve-t-on à la sortie ?</p> <p>A : 8 et 20 MHz B : 12 et 20 MHz C : 4 et 20 MHz D : 20 MHz seulement</p>	<p>Q 10 A la sortie d'un mélangeur, on trouve deux fréquences : 10 et 18 MHz, quelles sont les fréquences d'entrée ?</p> <p>A : 8 et 28 MHz B : 4 et 14 MHz C : 8 et 10 MHz D : 20 et 2 MHz</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 15

Q 1 Référence : T7-2 Réponse : C

Montage classique du transistor : émetteur commun en classe A, récupération de la tension de sortie sur la résistance de charge.

Q 2 Référence : T7-1 Réponse : B

Transformateurs et 2 transistors : classe B

Q 3 Référence : T7-4 Réponse : D

Harmonique 2 de 7 MHz = 14 MHz ; Taux de distorsion harmonique
= (Tension harmonique / Tension désirée) x 100 = (5 / 10) x 100 = 50%

*En revanche, le taux de distorsion harmonique total (TDH_t, calcul qui, à mon opinion, n'est pas au programme de l'examen) est fonction de la tension harmonique totale = $\sqrt{U_{F2}^2 + U_{F3}^2} = \sqrt{5^2 + 2^2} = \sqrt{29}$
= 5,4 ; TDH_t = 5,4 / 10 = 54%*

Enfin le taux de distorsion harmonique de l'harmonique 3 est égal à : 2 / 10 = 20%

Q 4 Référence : T7-1 Réponse : C

Ne pas amplifier l'AM avec un amplificateur monté en classe C à cause des distorsions (écrêtage) créées par cette classe.

Q 5 Référence : T7-3 Réponse : B

L'utilisation d'un transformateur permet d'adapter les impédances d'entrée et de sortie de l'étage.

Q 6 Référence : T7-5 Réponse : C

Cet étage est le diviseur qui peut être commandé par un microprocesseur. L'oscillateur de référence est le VXO et le comparateur de phase est noté ϕ sur le schéma.

Q 7 Référence : T7-7 Réponse : B

Le microprocesseur joue le rôle d'échantillonneur et est relié à un convertisseur D/A (Digital / Analogique). Les termes « comparateur de phase » et « verrouillage de phase » sont liés aux circuits PLL et non pas DDS

Q 8 Référence : T7-7 Réponse : B

Un mélangeur multiplie les tensions d'entrée (il doit avoir plusieurs entrées et n'est pas linéaire puisqu'il multiplie) et additionne (et soustraie) les fréquences présentes à ses entrées.

Q 9 Référence : T7-7 Réponse : C

8 et 12 MHz => 8 + 12 = 20 MHz et 8 - 12 (ou 12 - 8) = 4 MHz

Q 10 Référence : T7-7 Réponse : B

Appelons F_{max} = 18 MHz et F_{min} = 10 MHz

F1 = (F_{max} - F_{min}) / 2 = (18 - 10) / 2 = 8 / 2 = 4 MHz

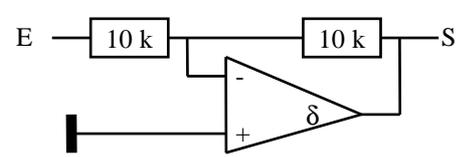
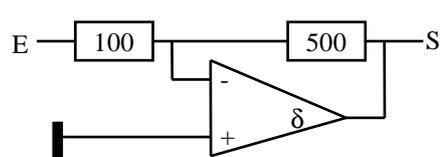
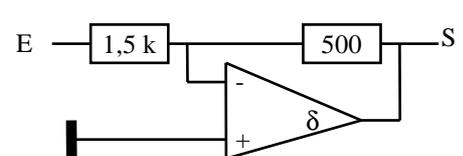
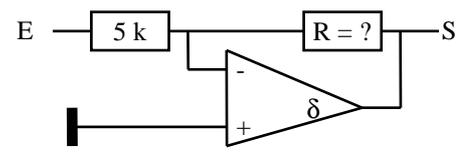
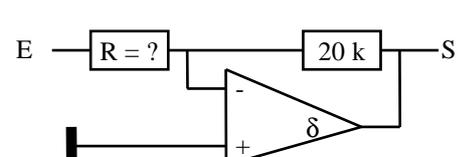
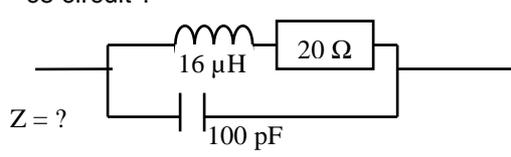
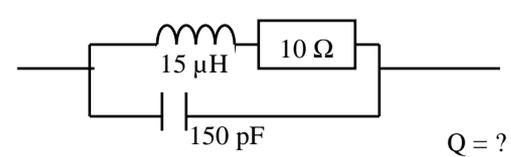
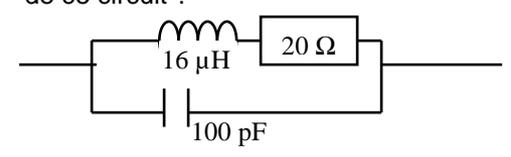
F2 = F_{max} - F1 = 18 - 4 = 14 MHz

Autre méthode : par tâtonnement et élimination : on détermine les fréquences de sortie correspondant aux réponses proposées. Seul un couple de fréquences correspond aux fréquences de sortie proposées (méthode plus empirique mais plus rapide)

Série n°16

Thème : Chapitre Technique 8 et 4

Temps : 19 minutes

<p>Q 1 Dans un amplificateur opérationnel,</p> <p>A : l'impédance d'entrée est infinie B : on a une seule borne d'entrée C : le gain de tension en sortie est nul D : le gain d'intensité en sortie est faible</p>	<p>Q 2 Quel est le gain en tension de ce montage ?</p>  <p>A : -1 B : -2 C : -10 D : -100</p>															
<p>Q 3 Quel est le gain de ce montage ?</p>  <p>A : +5 B : -5 C : +0,2 D : -0,2</p>	<p>Q 4 Quel est le gain de ce montage ?</p>  <p>A : -1/4 B : -1/3 C : -2 D : -3</p>															
<p>Q 5 Pour obtenir un gain en tension de -5, quelle résistance R doit-on mettre ?</p>  <p>A : 5 kΩ B : 1kΩ C : 25 kΩ D : 125 kΩ</p>	<p>Q 6 Pour obtenir un gain en tension de -3, quelle résistance R doit-on mettre ?</p>  <p>A : 23 kΩ B : 60 kΩ C : 30 kΩ D : 6,6 kΩ</p>															
<p>Q 7 Quel est le circuit logique possédant cette table de vérité ?</p> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Entrées</th> <th>Sortie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>A : OU B : ET C : NON ET D : OU Exclusif</p>	Entrées		Sortie	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	<p>Q 8 Quelle est l'impédance à la résonance de ce circuit ?</p>  <p>A : 30 Ω B : 8 kΩ C : 80 kΩ D : infinie</p>
Entrées		Sortie														
1	1	1														
0	1	0														
1	0	0														
0	0	0														
<p>Q 9 Quel est le facteur Q de ce circuit à la résonance ?</p>  <p>A : 10.000 B : 1.000 C : 225 D : 1.500</p>	<p>Q 10 Quelle est la bande passante à -3 dB de ce circuit ?</p>  <p>A : 5 kHz B : 800 Hz C : 10 kHz D : 2 kHz</p>															

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 16

Q 1 Référence : T8-1 Réponse : A

Un amplificateur opérationnel est un circuit comparateur : il doit donc avoir deux entrées puisqu'il compare.

Q 2 Référence : T8-2 Réponse : A

$$G = -R_2/R_1 = -10/10 = -1$$

Q 3 Référence : T8-2 Réponse : B

$$G = -R_2/R_1 = -500/100 = -5$$

Q 4 Référence : T8-2 Réponse : B

$$G = -R_2/R_1 = -500/1,5 \text{ k} = -500/1500 = -1/3$$

Q 5 Référence : T8-2 Réponse : C

$$G = -R_2/R_1 \text{ donc } R_2 = -(G \times R_1) = -(-5 \times 5000) = 25000 = 25 \text{ k}\Omega$$

Q 6 Référence : T8-2 Réponse : D

$$G = -R_2/R_1 \text{ donc } R_1 = -R_2/G = -20 \text{ k}/-3 = 20000/3 = 6666 \Omega = 6,6 \text{ k}\Omega$$

Q 7 Référence : T8-4 Réponse : B

Logique de la porte ET : si toutes les entrées sont à 1, la sortie est à 1.

Q 8 Référence : T4-4 Réponse : B

$$Z(\text{k}\Omega) = L(\mu\text{H})/(R(\text{k}\Omega) \cdot C(\text{pF})) = 16 / (0,02 \times 100) = 16 / 2 = 8 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Sur une calculatrice : } Z = 16 \cdot 10^{-6} (L) \div 100 \cdot 10^{-12} (C) = 160 \cdot 10^3 \div 20 (R) = 8 \cdot 10^3 \text{ converti en } 8 \text{ k}$$

$$\text{Formule simplifiée : } Z (\text{k}\Omega) = 16 (L \text{ en } \mu\text{H}) \div 0,02 (R \text{ en } \text{k}\Omega) \div 100 (C \text{ en } \text{pF}) = 8 \text{ k}$$

Q 9 Référence : T4-4 Réponse : B

$$Q = Z/R$$

$$Z(\text{k}\Omega) = L(\mu\text{H})/(R(\text{k}\Omega) \cdot C(\text{pF})) = 15 / (0,01 \times 150) = 15 / 1,5 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$Q = 10 \text{ k}\Omega / 10 \Omega = 1.000$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 15 \cdot 10^{-6} (L) \div 150 \cdot 10^{-12} (C) = 100 \cdot 10^3 \div 10 (R) = 10 \cdot 10^3 \div 10 (R) = 1 \cdot 10^3 \text{ converti en } 1000$$

$$\text{Formule simplifiée : } Z (\text{k}\Omega) = 15 (L \text{ en } \mu\text{H}) \div 0,01 (R \text{ en } \text{k}\Omega) \div 150 (C \text{ en } \text{pF}) = 10 \text{ k}$$

Q 10 Référence : T4-4 Réponse : C

Pour le calcul de Z à la résonance, voir question 8 : Z = 8 kΩ

$$Q = Z/R = 8.000 / 20 = 400$$

$$\text{Fréquence de résonance du circuit : } F_0(\text{MHz}) = 159 / (\sqrt{L(\mu\text{H}) \cdot C(\text{pF})}) = 159 / \sqrt{(16 \times 100)} = 159 / 40 = 3,975 \text{ MHz}$$

$$\text{Bande passante à } -3 \text{ dB} = F_0 / Q = 3,975 \text{ MHz} / 400 = 3.975.000 / 400 = 9937,5 \approx 10 \text{ kHz}$$

$$\text{Sur une calculatrice, calcul de } F_0 : 16 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C) = 1,6 \cdot 10^{-15} [\sqrt{\quad}] = 40 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 251,3 \cdot 10^{-9} [1/\text{s}] = 3,978 \cdot 10^6$$

$$\text{formule simplifiée : } F (\text{MHz}) = 159 / (\sqrt{16 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 100 (C \text{ en } \text{pF})}) = 3,975 \text{ M}$$

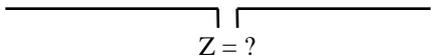
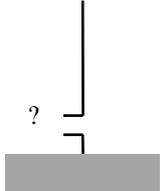
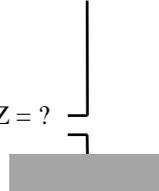
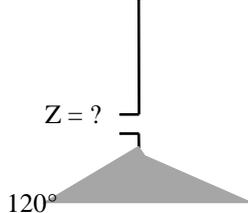
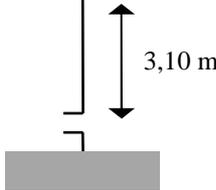
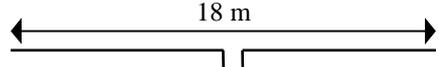
$$\text{ou, en écriture naturelle : } 1 \div (2 \times [\pi] \times [\sqrt{\quad}]) (16 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C)) = 3,978 \cdot 10^6$$

$$\text{Calcul de } B_p : 3,978 \cdot 10^6 (F_0) \div 400 (Q) = 9,947 \cdot 10^3 \text{ converti en } 9,95 \text{ kHz arrondi à } 10 \text{ kHz}$$

Série n°17

Thème : Chapitre Technique 9

Temps : 8 minutes

<p>Q 1 Dans un dipôle, aux extrémités, on a :</p> <p>A : U max et I max B : U nul et I nul C : U max et I nul D : U nul et I max</p>	<p>Q 2 Quelle est la longueur totale d'un dipôle fonctionnant sur 15 MHz ?</p> <p>A : 20 m B : 15 m C : 10 m D : 5 m</p>
<p>Q 3 Quelle est la longueur du brin d'un dipôle fonctionnant pour une longueur d'onde de 20 mètres ?</p> <p>A : 5 m B : 15 m C : 10 m D : 20 m</p>	<p>Q 4 Quelle est l'impédance au point d'alimentation de ce dipôle ?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>A : 36 Ω B : 50 Ω C : 52 Ω D : 73 Ω</p>
<p>Q 5 A la base du brin de ce quart d'onde, on a :</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>A : U max et I nul B : U max et I max C : U nul et I max D : U nul et I nul</p>	<p>Q 6 Quelle est l'impédance de ce quart d'onde ?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>A : 36 Ω B : 50 Ω C : 52 Ω D : 73 Ω</p>
<p>Q 7 Quelle est l'impédance de ce quart d'onde?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>A : 36 Ω B : 50 Ω C : 52 Ω D : 73 Ω</p>	<p>Q 8 Quel est le gain d'un dipôle par rapport à l'antenne "isotrope" ?</p> <p>A : pas de gain B : -3 dB C : 3 dB D : 2,14 dB</p>
<p>Q 9 Sur quelle fréquence est taillé ce quart d'onde ?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>A : 48 MHz B : 24,2 MHz C : 12,1 MHz D : 6,1 MHz</p>	<p>Q 10 Sur quelle fréquence est taillé ce dipôle ?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>A : 18 MHz B : 16,66 MHz C : 8,33 MHz D : 4,16 MHz</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 15/30

Réponses Série 17

Q 1 Référence : T9-4 Réponse : C

A l'extrémité d'une antenne ouverte (comme le dipôle), on a toujours une intensité nulle et une tension maximum

Q 2 Référence : T9-4 Réponse : C

$L(m) = 150 / F(\text{MHz}) = 150 / 15 = 10 \text{ m}$

Q 3 Référence : T9-4 Réponse : A

La longueur d'onde de 20 mètres correspond à une fréquence de $300/20 = 15\text{MHz}$ et un brin quart d'onde sur cette fréquence mesure $(300/15)/2 = 5 \text{ m}$

Q 4 Référence : T9-4 Réponse : D

$Z = 73 \Omega$ quand on a un angle plat entre les brins (les brins sont en prolongement)

Q 5 Référence : T9-5 Réponse : C

A la base d'un quart d'onde (son alimentation), on a une tension nulle et une intensité maximum, comme au point d'alimentation d'un dipôle.

Q 6 Référence : T9-5 Réponse : A

$Z = 36 \Omega$ quand on a un angle de 90° par rapport à la masse

Q 7 Référence : T9-5 Réponse : C

$Z = 52 \Omega$ quand on a un angle de 120° par rapport à la masse

Q 8 Référence : T9-7 Réponse : D

L'antenne isotrope a un diagramme de rayonnement en forme de sphère et le gain du dipôle, dont le diagramme de rayonnement est un tore, est de 2,14 dB par rapport à l'antenne isotrope.

Q 9 Référence : T9-5 Réponse : B

$75 / 3,1 \text{ m} = 24,2 \text{ MHz}$ (valeur arrondie)

Q 10 Référence : T9-4 Réponse : C

$150 / 18 \text{ m} = 8,33 \text{ MHz}$ (valeur arrondie)

Série n°18

Thème : Chapitre Technique 9 et 10

Temps : 8 minutes

<p>Q 1</p> <p>A quelles fréquences correspondent les "ondes métriques" ?</p> <p>A : 300 kHz à 3 MHz B : 3 à 30 MHz C : 30 à 300 MHz D : 300 MHz à 3 GHz</p>	<p>Q 2</p> <p>A quelles longueurs d'onde correspondent les "ondes hectométriques" ?</p> <p>A : 1 à 10 km B : 100 à 1000 m C : 10 à 100 m D : 1 à 10 m</p>
<p>Q 3</p> <p>Quel est le mode de propagation privilégié des ondes hectométriques ?</p> <p>A : ondes directes B : ondes stationnaires C : ondes réfléchies D : ondes de sol</p>	<p>Q 4</p> <p>Une fréquence de 50 MHz est classée comme une :</p> <p>A : onde hectométrique B : onde décamétrique C : onde métrique D : onde décimétrique</p>
<p>Q 5</p> <p>La propagation par ondes de sol n'est pas privilégiée en ondes :</p> <p>A : kilométriques B : hectométriques C : décamétriques D : myriamétriques</p>	<p>Q 6</p> <p>Quelle est la longueur d'onde d'un signal de 10 MHz ?</p> <p>A : 3 m B : 10 m C : 30 m D : 33 cm</p>
<p>Q 7</p> <p>Quelle est la fréquence d'un signal dont la longueur d'onde est 69 cm ?</p> <p>A : 4,35 MHz B : 23 MHz C : 43,5 MHz D : 435 MHz</p>	<p>Q 8</p> <p>L'impédance d'un câble coaxial est fonction :</p> <p>A : de la fréquence utilisée B : de la longueur du câble C : de la modulation appliquée D : du rapport entre les diamètres de l'âme et de la tresse</p>
<p>Q 9</p> <p>La vitesse du câble :</p> <p>A : est fonction de la perte du câble B : est constante pour toutes les fréquences C : est toujours supérieure à 100 % D : est fonction de la fréquence utilisée</p>	<p>Q 10</p> <p>Soit un câble ayant une perte caractéristique de 3dB pour 100 mètres, quelle sera la perte pour 33 mètres?</p> <p>A : 10 % B : 1 dB C : 9 dB D : 1,5 dB</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ 15/30

Réponses Série 18

Q 1 Référence : T9-2 Réponse : C

Ondes métriques : de 1 à 10 m donc de $300 / 1\text{m}$ à $300 / 10\text{m} = 300\text{ MHz}$ à 30 MHz

Q 2 Référence : T9-2 Réponse : B

Ondes hectométriques : de 100 m à 1000 m

Q 3 Référence : T9-2 Réponse : D

Ondes stationnaires : ce n'est pas un mode de propagation des ondes en espace libre

Q 4 Référence : T9-2 Réponse : C

$\lambda\text{ (m)} = 300 / F\text{ (MHz)} = 300 / 50 = 6\text{ m}$; ondes métriques : de 1 à 10 m

Q 5 Référence : T9-2 Réponse : C

Les ondes de sol fonctionnent jusqu'à 2 MHz (donc jusqu'aux ondes hectométriques)

Q 6 Référence : T9-1 Réponse : C

$L\text{(m)} = 300 / F\text{(MHz)} = 300 / 10 = 30\text{ m}$

Q 7 Référence : T9-1 Réponse : D

$F\text{(MHz)} = 300/L\text{(m)} = 300 / 0,69 = 435\text{ MHz}$ (valeur arrondie)

Q 8 Référence : T10-2 Réponse : D

L'impédance d'un câble dépend des dimensions des conducteurs (et du matériau utilisé comme diélectrique)

Q 9 Référence : T10-2 Réponse : B

La vitesse d'une ligne d'alimentation est constante pour toutes les fréquences et dépend du matériau utilisé comme diélectrique

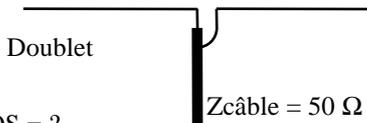
Q 10 Référence : T10-2 et T4-1 Réponse : B

3dB pour 100 mètres, donc pour 33 mètres : $3\text{dB} / 100 \times 33 = 1\text{ dB}$ (valeur arrondie)

Série n°19

Thème : Chapitre Technique 9 et 10

Temps : 13 minutes

<p>Q 1 Quel est le ROS à l'entrée du câble ?</p> <p style="text-align: center;"> $Z = 50 \Omega$ ————— $Z = 33 \Omega$ $Z_{\text{câble}} = 50 \Omega$ </p> <p>A : 1/1 B : 1,5/1 C : 2/1 D : 2,5/1</p>	<p>Q 2</p> <p style="text-align: center;">  Doublet ROS = ? $Z_{\text{câble}} = 50 \Omega$ </p> <p>A : 2,5/1 B : 2/1 C : 1,46/1 D : 1/1</p>
<p>Q 3</p> <p style="text-align: center;"> $Z_e = 50 \Omega$ $\xleftrightarrow{\lambda/4}$ $Z_s = 112,5 \Omega$ $Z_c = ?$ </p> <p>A : 162,5 Ω B : 75 Ω C : 62,5 Ω D : 81,25 Ω</p>	<p>Q 4</p> <p style="text-align: center;"> $Z_e = 50 \Omega$ $\xleftrightarrow{\lambda/2}$ $Z_s = ?$ $Z_c = 75 \Omega$ </p> <p>A : infini B : 75 Ω C : 50 Ω D : 112,5 Ω</p>
<p>Q 5 Quel est le ROS à l'entrée du câble ?</p> <p style="text-align: center;"> $Z = 50 \Omega$ ————— $Z = 150 \Omega$ $Z_{\text{câble}} = 50 \Omega$ </p> <p>A : 16,66 B : 6 C : 1/3 D : 3/1</p>	<p>Q 6 Le gain d'une antenne :</p> <p>A : est fonction de son impédance B : se calcule en dBd par rapport au dipôle C : se calcule en P.A.R. D : détermine son angle d'ouverture</p>
<p>Q 7 Un émetteur délivre 100 Watts dans une antenne ayant 10 dBd de gain, quelle la puissance apparente rayonnée de la station ?</p> <p>A : 10 W B : 110 W C : 500 W D : 1 kW</p>	<p>Q 8 Une station a une puissance apparente rayonnée de 200 W, l'antenne a un gain de 13 dBd, quelle est la puissance délivrée par l'émetteur ?</p> <p>A : 20 W B : 10 W C : 40 W D : 4 kW</p>
<p>Q 9 Une station a une P.A.R. de 600 W, la puissance de l'émetteur est de 15 W, quel est le gain de l'antenne (en dBd) ?</p> <p>A : 60 dB B : 40 dB C : 18 dB D : 16 dB</p>	<p>Q 10 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : le gain d'une antenne se calcule dans la direction du rayonnement maximum B : le gain du dipôle est de 2,14 dB par rapport à l'antenne isotrope C : l'antenne isotrope n'existe pas : c'est une antenne idéale D : dans une antenne Yagi, les éléments directeurs sont plus longs</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ 15/30

Réponses Série 19

Q 1 Référence : T10-3 Réponse : B

$$\text{ROS} = Z \text{ plus forte} / Z \text{ plus faible} = 50 / 33 = 1,515 = 1,5$$

Q 2 Référence : T10-3 Réponse : C

Zdipôle = 73 Ω pour un angle plat,

$$\text{ROS} = Z \text{ plus forte} / Z \text{ plus faible} = 73 / 50 = 1,46$$

Q 3 Référence : T10-4 Réponse : B

$$\text{Dans une ligne quart d'onde, on a } Z_c = \sqrt{(Z_e \times Z_s)} = \sqrt{(50 \times 112,5)} = \sqrt{5625} = 75$$

Q 4 Référence : T10-4 Réponse : C

Dans une ligne demi-onde, $Z_s = Z_e$ quelque soit l'impédance Z_s

Q 5 Référence : T10-4 Réponse : D

$$\text{ROS} = Z \text{ plus forte} / Z \text{ plus faible} = 150/50 = 3/1$$

Q 6 Référence : T9-7 Réponse : B

Le gain d'une antenne peut se mesurer en dBd (dB par rapport au dipôle) mais aussi en dBi (dB par rapport à l'antenne isotrope).

Q 7 Référence : T9-8 Réponse : D

$$10 \text{ dB} = 1 \times 10 = 10$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 10 \text{ (dB)} \div 10 = 1 [10^x] = 10$$

$$\text{Ou, en écriture naturelle : } 10 \wedge (10 \text{ (dB)} \div 10) = 10$$

$$100 \text{ W} \times 10 = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

Q 8 Référence : T9-8 Réponse : B

$$13 \text{ dB} = 2 \times 10 = 20$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 13 \text{ (dB)} \div 10 = 1,3 [10^x] = 19,95 \text{ arrondi à } 20$$

$$\text{Ou, en écriture naturelle : } 10 \wedge (13 \text{ (dB)} \div 10) = 19,95 \text{ arrondi à } 20$$

$$\text{PAR} = P \times \text{rapport donc } P = \text{PAR} / \text{rapport} = 200 \text{ W} / 20 = 10 \text{ W}$$

Q 9 Référence : T9-8 Réponse : D

$$\text{PAR} = P \times \text{rapport donc rapport} = \text{PAR} / P$$

$$600 \text{ W} / 15 \text{ W} = 40$$

$$40 = 10 \times 4 = 16 \text{ dB}$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 40 \text{ (rapport)} [\text{LOG}] = 1,602 \times 10 = 16,02 \text{ arrondi à } 16$$

$$\text{Ou, en écriture naturelle : } 10 \times [\text{LOG}] 40 \text{ (Rapport)} = 16,02 \text{ arrondi à } 16$$

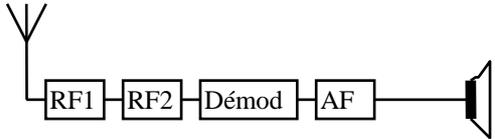
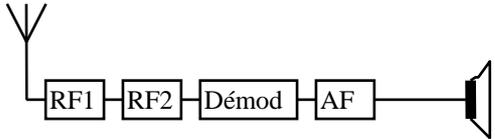
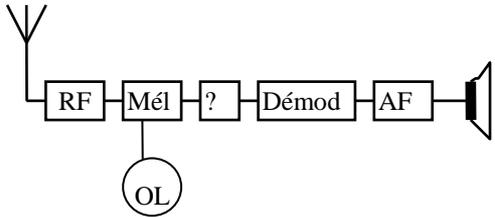
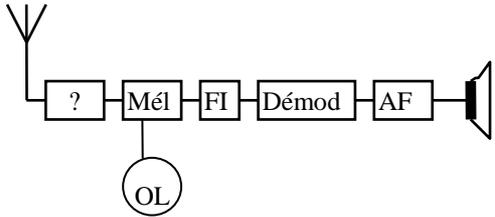
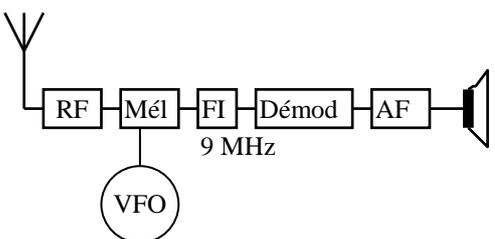
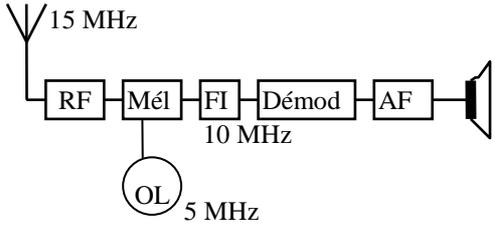
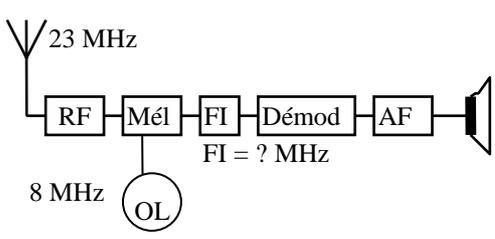
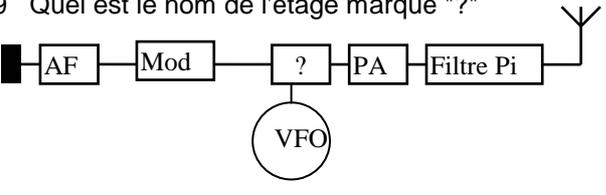
Q 10 Référence : T9-6 et T9-7 Réponse : D

Dans une antenne Yagi, les directeurs sont plus courts et les réflecteurs sont plus longs que le brin rayonnant.

Série n°20

Thème : Chapitre Technique 11

Temps : 8 minutes

<p>Q 1 Comment se nomme un tel récepteur ?</p>  <p>A : Récepteur supradyne B : Récepteur infradyne C : Récepteur sans conversion D : Récepteur à PLL</p>	<p>Q 2 Quelle est la particularité de ce récepteur ?</p>  <p>A : il ne reçoit qu'une fréquence B : il ne reçoit que la FM C : il ne reçoit que l'AM D : il peut avoir des problèmes liés à la fréquence image</p>
<p>Q 3 Quel est le nom de l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Fréquence Image B : Fréquence Intermédiaire C : Filtre à quartz D : Démodulateur</p>	<p>Q 4 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : le mélangeur est un multiplicateur de tension B : le problème de la fréquence image doit être solutionné au niveau du filtre HF d'entrée C : à la sortie d'un mélangeur, on a $F1+F2$ et $F1-F2$ D : l'oscillateur local est calé sur la fréquence à recevoir</p>
<p>Q 5 Quelle est la fonction de l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Filtrer le signal d'entrée B : Mélanger OL et HF C : amplifier la puissance D : Démoduler le signal HF</p>	<p>Q 6 Quelle peut être la fréquence du VFO ?</p>  <p>A : 18 MHz B : 2 MHz C : 9 MHz D : 30 MHz</p>
<p>Q 7 Quelle sera la fréquence image ?</p>  <p>A : 5 MHz B : 10 MHz C : 15 MHz D : 20 MHz</p>	<p>Q 8 Quelle peut être la fréquence de la FI ?</p>  <p>A : 8 MHz B : 23 MHz C : 15 MHz D : 18 MHz</p>
<p>Q 9 Quel est le nom de l'étage marqué "?"</p>  <p>A : modulateur B : mélangeur C : filtre anti-harmonique D : Ampli de puissance</p>	<p>Q 10 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : le filtre en Pi élimine les rayonnements non essentiels B : un émetteur se lit de l'antenne vers le micro C : un récepteur se lit de l'antenne vers le HP D : l'émetteur est équipé obligatoirement d'un filtre anti-harmonique</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 20

Q 1 Référence : T11-1 Réponse : C

PLL : oscillateur (ce récepteur n'est pas concerné car il n'en a pas)

Infradyne et supradyné : s'adresse à un récepteur superhétérodyne (avec FI)

Q 2 Référence : T11-1 Réponse : A

ne reçoit qu'une fréquence car pas de système pour accorder

Q 3 Référence : T11-2 Réponse : B

Synoptique d'un récepteur superhétérodyne (avec FI)

Q 4 Référence : T11-2 Réponse : D

Oscillateur local = FI-HF ou FI+HF

Q 5 Référence : T11-2 Réponse : A

Synoptique d'un récepteur superhétérodyne : le premier étage est un filtre de bande.

Q 6 Référence : T11-2 Réponse : C

fréquence OL = FI-HF = 9-18 = 9 (-9)

ou HF+FI = 18+9 = 27

Q 7 Référence : T11-3 Réponse : A

Il s'agit d'un récepteur infradyne (HF>FI) avec FI>FO, on applique donc la formule $F_{im} = HF - 2.FO$

$F_{im} = 15 - (2 \times 5) = 15 - 10 = 5$ MHz

On peut aussi utiliser une méthode « par tâtonnements » avec les 4 réponses proposées : avec la réponse B, la FI aura pour valeur 5 et 15 MHz ; la réponse C est la valeur de la fréquence à recevoir et ne peut donc pas être la fréquence image ; avec la réponse D, la FI aura pour valeur 15 et 25 MHz. Seule la réponse A donne une solution cohérente avec une FI de 10 MHz.

Q 8 Référence : T11-2 Réponse : C

FI = HF + VFO ou HF - VFO

23 + 8 ou 23 - 8

31 ou 15

Q 9 Référence : T11-5 Réponse : B

Les termes « mélangeur », « ampli de puissance » et « filtre anti-harmonique » sont déjà représentés sur le synoptique par les mots ou abréviations « Mél », « PA » et « Filtre en pi »

Q 10 Référence : T11-5 Réponse : B

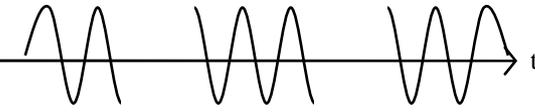
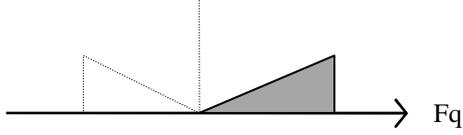
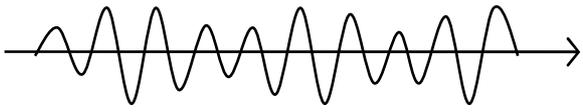
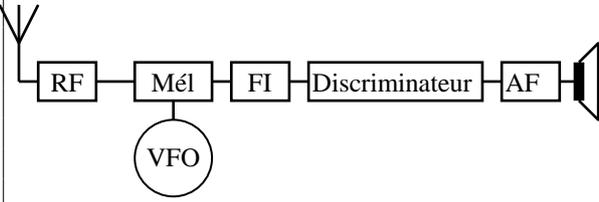
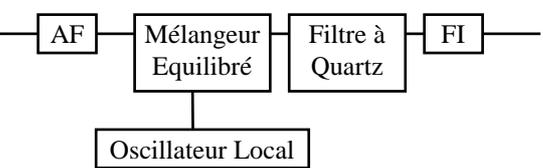
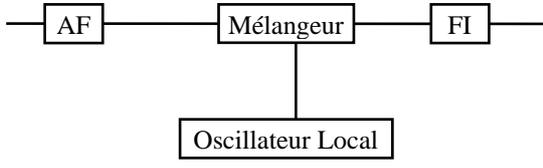
La lecture « logique » du synoptique d'un émetteur part du microphone pour arriver à l'antenne.

Même s'il est quelquefois omis dans les synoptiques présentés dans les questions d'examen, le filtrage anti-harmonique des émetteurs après l'amplificateur de puissance est obligatoire

Série n°21

Thème : Chapitre Technique 12

Temps : 8 minutes

<p>Q 1 Quel est ce type de modulation ?</p>  <p>A : AM B : FM C : BLU D : CW</p>	<p>Q 2 Quel est ce type de modulation ?</p>  <p>A : A1A B : F3E C : A3E D : J3E</p>
<p>Q 3 Quel est ce type de modulation ?</p>  <p>A : BLS B : BLI C : CW D : AM</p>	<p>Q 4 Quel le type de modulation ?</p>  <p>A : A1A B : G3E C : A3E D : J3E</p>
<p>Q 5 Un démodulateur FM s'appelle :</p> <p>A : une détection B : un détecteur de produit C : un oscillateur de battement de fréquence D : un discriminateur</p>	<p>Q 6 Ce récepteur peut recevoir :</p>  <p>A : l'AM B : la FM C : la BLU D : la CW</p>
<p>Q 7 Un récepteur équipé d'un détecteur de produit et d'un BFO permet de recevoir :</p> <p>A : la modulation d'amplitude B : la modulation de fréquence C : la modulation de phase D : la bande latérale unique</p>	<p>Q 8 Une détection permet de démoduler</p> <p>A : la modulation d'amplitude B : la modulation de phase C : la bande latérale unique D : la classe A1A</p>
<p>Q 9 Quelle classe d'émission permet de générer ce modulateur ?</p>  <p>A : AM B : FM C : BLU D : CW</p>	<p>Q 10 Quelle classe d'émission permet de générer ce modulateur ?</p>  <p>A : AM B : FM C : BLU D : CW</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 21

Q 1 Référence : T12-1 Réponse : D

Attention, sur le minitel, la CW pourra être représentée ainsi :
La partie grisée représente la HF

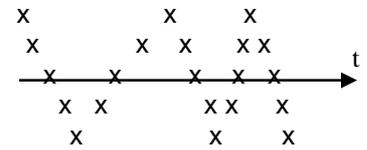


Q 2 Référence : T12-1 Réponse : B

FM correspond à la classe d'émission F3E (voir R1-2)

Attention, sur le minitel, le signal FM pourra être représenté par des croix ou tout autre caractère comme indiqué ci contre

Il pourra être aussi représenté par un large rectangle grisé comme si l'opérateur en CW s'était endormi sur le manipulateur ou comme de l'AM sans signal modulant c'est à dire comme ceci :



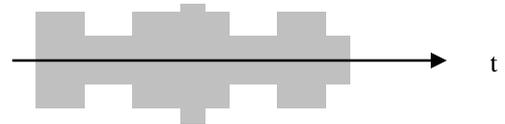
Q 3 Référence : T12-1 Réponse : A

Attention, sur le minitel, la BLS pourra être représentée ainsi :
La partie grisée représente la HF



Q 4 Référence : T12-1 Réponse : C

Attention, sur le minitel, l'AM pourra être représentée ainsi :
La partie grisée représente la HF



Q 5 Référence : T12-2 Réponse : D

Un démodulateur FM s'appelle un discriminateur et peut être précédé d'un limiteur et suivi d'un désaccentuateur

Q 6 Référence : T12-2 Réponse : B

Un discriminateur démodule de la FM. Le circuit limiteur et le désaccentuateur sont des circuits accessoires qui ne sont pas toujours indiqués

Q 7 Référence : T12-2 Réponse : D

L'ensemble Détecteur de produit + BFO (Oscillateur de battement de fréquence) permet de démoduler de la bande latérale unique (BLU) mais aussi de la CW

Q 8 Référence : T12-2 Réponse : A

La classe A1A est de la CW (voir R1-2)

Q 9 Référence : T12-2 Réponse : C

L'ensemble OL + Mélangeur équilibré + filtre à Quartz permet de moduler de la BLU

Q 10 Référence : T12-2 Réponse : A

L'ensemble OL + Mélangeur est un des systèmes permettant de moduler de l'AM

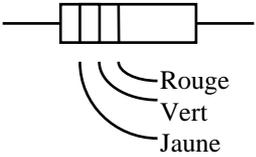
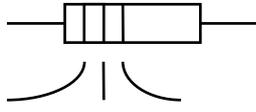
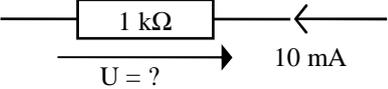
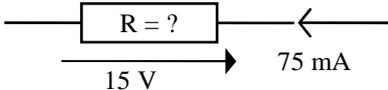
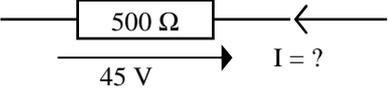
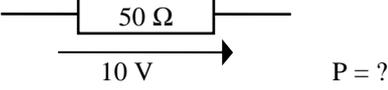
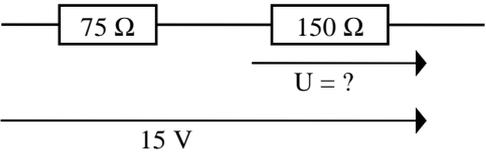
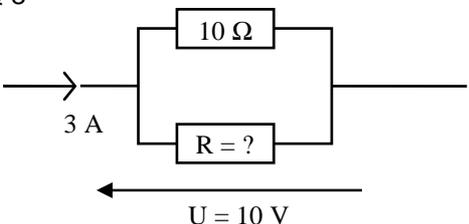
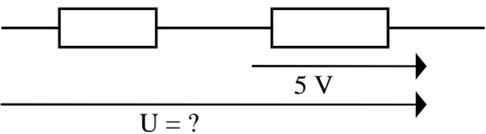
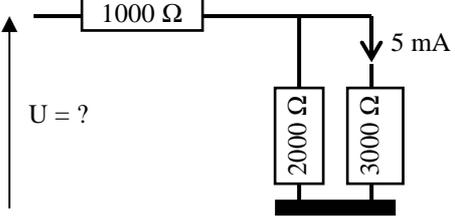
Deuxième section

Progression

Série n°22

Thème : Progression 1 - Technique 1

Temps : 13 minutes

<p>Q 1</p>  <p>Rouge Vert Jaune</p> <p>A = 47 Ω B = 4500 Ω C = 5800 Ω D = 360 Ω</p>	<p>Q 2</p>  <p>Orange - Blanc - Noir</p> <p>A = 39 Ω B = 36 Ω C = 390 Ω D = 360 Ω</p>
<p>Q 3</p>  <p>A = 10 V B = 0,1 V C = 1 V D = 100 V</p>	<p>Q 4</p>  <p>A = 500 Ω B = 20 Ω C = 113 Ω D = 200 Ω</p>
<p>Q 5</p>  <p>A = 22,5 mA B = 11,12 A C = 90 mA D = 0,9 A</p>	<p>Q 6</p>  <p>A = 2 W B = 500 W C = 5 W D = 20 W</p>
<p>Q 7</p>  <p>A = 30 V B = 7,5V C = 10 V D = 5 V</p>	<p>Q 8</p>  <p>A = 5 Ω B = 10 Ω C = 20 Ω D = 30 Ω</p>
<p>Q 9</p> <p>Marron - Noir - Rouge Vert - Noir - Marron</p>  <p>A = 15 V B = 20 V C = 17 V D = 24 V</p>	<p>Q 10</p>  <p>A = 12,5 V B = 15 V C = 27,5 V D = infini</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 22

Q 1 Référence : T1-5 Réponse : B
Jaune 4)
Vert 5) $45 \times 10^2 = 4.500 \Omega$
Rouge 2)

Q 2 Référence : T1-5 Réponse : A
Orange 3)
Blanc 9) $39 \times 10^0 = 39 \times 1 = 39 \Omega$
Marron 0)

Q 3 Référence : T1-2 Réponse : A
 $U = R \times I$
 $= 1 \text{ k} \Omega \times 10 \text{ mA}$
 $= 1000 \times 0,01 = 10 \text{ V}$
Sur une calculatrice : $1.10^3 (R) \times 10.10^{-3} (I) = 10.10^0$ converti en 10

Q 4 Référence : T1-2 Réponse : D
 $R = U / I$
 $= 15 \text{ V} / 75 \text{ mA}$
 $= 15 / 0,075 = 200 \Omega$
Sur une calculatrice : $15 (U) \div 75.10^{-3} (I) = 200.10^0$ converti en 200

Q 5 Référence : T1-2 Réponse : C
 $I = U / R$
 $= 45 \text{ V} / 500 \Omega = 0,09 \text{ A} = 90 \text{ mA}$
Sur une calculatrice : $45 (U) \div 500 (R) = 90.10^{-3}$ converti en 90 mA

Q 6 Référence : T1-2 Réponse : A
 $P = U^2 / R$
 $= (10 \text{ V} \times 10 \text{ V}) / 50 \Omega = 100/50 = 2 \text{ W}$

Q 7 Référence : T1-7 Réponse : C
 $U = (U_T \times R) / R_T$
 $= (15 \text{ V} \times 150 \text{ V}) / (150 \Omega + 75 \Omega) = 2250 / 225 = 10 \text{ V}$
ou, plus empirique : la tension est répartie proportionnellement aux résistances (1/3 et 2/3)
donc $15 \times 2/3 = 10 \text{ V}$

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : A
 $R_1 =$ résistance de 10Ω ; $R_2 =$ résistance à calculer
 $IR_1 = UR_1 / R_1 = U_T / R_1 = 10 \text{ V} / 10 \Omega = 1 \text{ A}$
 $IR_2 = I_T - IR_1 = 3 - 1 = 2 \text{ A}$
 $R_2 = UR_2 / IR_2 = U_T / IR_2 = 10 / 2 = 5 \Omega$

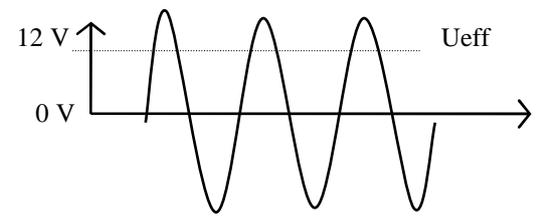
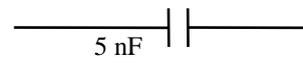
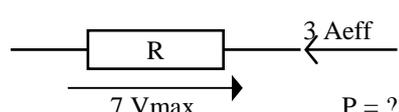
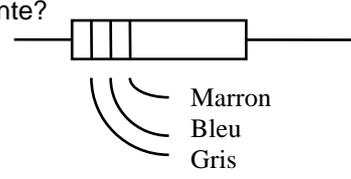
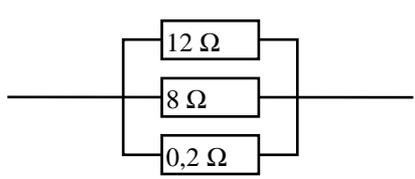
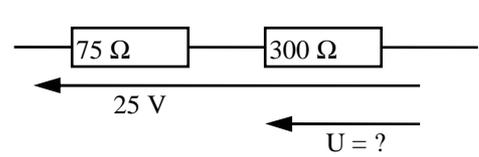
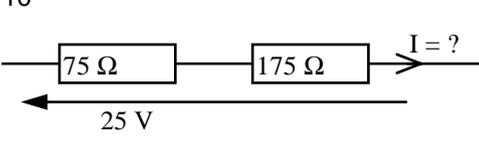
Q 9 Référence : T1-5 et T1-6 Réponse : A
Marron 1) Vert 5)
Noir 0) $10 \text{ } 00 = R_1$ Noir 0) $50 \text{ } 0 = R_2$ $R_T = R_1 + R_2 = 1000 + 500 = 1500$
Rouge 2) Marron 1)
 $IR_2 = UR_2 / R_2 = 5/500 = 0,01 \text{ A}$; $U = R_T \times IR_2 = 1500 \times 0,01 = 15 \Omega$
Ou, plus empirique : la tension est proportionnelle aux résistances. Aux bornes de R_1 , on a 10 V, donc aux bornes de R_2 on aura une tension deux fois plus faible (5V). L'ensemble formera une tension de :
 $10 + 5 = 15 \text{ V}$

Q 10 Référence : T1-7 Réponse : C
Tension aux bornes de la résistance de $3000 \Omega = 3000 \times 0,005 = 15 \text{ V}$
Intensité dans la résistance de $2000 \Omega = 15 / 2000 = 0,0075 \text{ A} = 7,5 \text{ mA}$
Intensité dans la résistance de $1000 \Omega =$ Intensité dans les 2 résistances du bas $= 5 \text{ mA} + 7,5 \text{ mA} = 12,5 \text{ mA}$
Tension aux bornes de la résistance de $1000 \Omega = 1000 \times 0,0125 = 12,5 \text{ V}$
Tension aux bornes du circuit $= 12,5 \text{ V} + 15 \text{ V} = 27,5 \text{ V}$

Série n°23

Thème : Progression 2 - Technique 2

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle est la pulsation d'un signal de 20 MHz ?</p> <p>A : 125,6 rad/s B : 1.256.000 rad/s C : 125.600.000 rad/s D : 12.560.000 rad/s</p>	<p>Q 2 Une résistance de 75Ω est parcourue par un courant de 2 mA efficaces, quelle est la tension (en valeur maximale) à ses bornes ?</p> <p>A : 212 mV max B : 0,015 V max C : 0,106 V max D : 0,15 V max</p>
<p>Q 3 Quelle est la tension crête à crête ?</p>  <p>A : 30 Vcàc B : 34 Vcàc C : 17 Vcàc D : 24 Vcàc</p>	<p>Q 4 Quelle est l'impédance de la capacité ?</p> <p style="text-align: right;">F = 2 MHz</p>  <p>A : 62,8Ω B : 1,59 kΩ C : 10Ω D : 15,9Ω</p>
<p>Q 5 Une bobine a une valeur de 50 μH. Si on diminue de moitié le nombre de ses spires, la valeur de la bobine devient :</p> <p>A : 6,25 μH B : 12,5 μH C : 50 μH D : 100 μH</p>	<p>Q 6</p>  <p>A : 2,33 W B : 10,6 W C : 15 W D : 21 W</p>
<p>Q 7 Quelle est la valeur de la résistance équivalente ?</p>  <p>A : 760 Ω B : 950 Ω C : 86 Ω D : 860 Ω</p>	<p>Q 8 Quelle est la valeur de la résistance</p>  <p>A : 0,192 Ω B : 4,8 Ω C : 0,141 Ω D : 5 Ω</p>
<p>Q 9</p>  <p>A : 20 V B : 10 V C : 5 V D : 22 V</p>	<p>Q 10</p>  <p>A : 250 mA B : 133 mA C : 100 mA D : 1 A</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 23

Q 1 Référence : T2-1 Réponse : C

pulsation(r/s) = $2 \times \pi \times F(\text{Hz}) = 6,2832 \times 20.000.000 = 125.664.000$ arrondi à $125.600.000 \text{ rad/s}$

Q 2 Référence : T2-2 Réponse : A

$U = R \times I = 75 \Omega \times 2 \text{ mA} = 150 \text{ mV (eff)} \times 1,414 = 212 \text{ mV max (valeur arrondie)}$

Q 3 Référence : T2-2 Réponse : B

$U_{\text{eff}} = 12\text{V}$; $U_{\text{max}} = 12 \times 1,414 = 17$; $U_{\text{càc}} = U_{\text{max}} \times 2 = 17 \times 2 = 34 \text{ Vcàc (valeur arrondie)}$

Q 4 Référence : T2-3 Réponse : D

$Z = 159 / (F(\text{MHz}) \times C(\text{nF})) = 159 / (2 \times 5) = 159 / 10 = 15,9 \Omega$

Sur une calculette : $2 \cdot 10^6 (F) \times 5 \cdot 10^{-9} (C) = 10 \cdot 10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 62,83 \cdot 10^{-3} = 15,91 \cdot 10^0$ converti en 15,91 arrondi à 15,9

formule simplifiée : $Z (\Omega) = 159 \div 2 (F \text{ en MHz}) \div 5 (C \text{ en nF}) = 15,9$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times 2 \cdot 10^6 (F) \times 5 \cdot 10^{-9} (C)) = 15,91 \cdot 10^0$ converti en 15,91 arrondi à 15,9

Q 5 Référence : T2-3 Réponse : B

$L = F \times N^2 \times D$; si $N / 2$ alors $L / 4 (2^2)$; $L = 50 \mu\text{H} / 4 = 12,5 \mu\text{H}$

Q 6 Référence : T2-2 Réponse : C

$U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} \times 0,707 = 7 \text{ V} \times 0,707 = 5\text{V}$; $P = U \times I = 5\text{V} \times 3\text{A} = 15 \text{ W (valeur arrondie)}$

Q 7 Référence : T1-5 Réponse : D

Attention à l'ordre des couleurs (sens de lecture des bagues)

Gris = 8 ; Bleu = 6 ; Marron = 1 ; 860Ω

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : A

Premier groupe : 12 et 8 ; $(12 \times 8) / (12 + 8) = 96 / 20 = 4,8$

Deuxième groupe : 4,8 et 0,2 ; $(4,8 \times 0,2) / (4,8 + 0,2) = 0,96 / 5 = 0,192$

Sur une calculette : $1 \div (1 \div 12 (R1) + 1 \div 8 (R2) + 1 \div 0,2 (R3)) = 192 \cdot 10^{-3} = 0,192$

Q 9 Référence : T1-7 Réponse : A

$R_T = 75 + 300 = 375$

$U_{R1} = (U_T \times R1) / R_T = (25 \times 300) / 375 = 20 \text{ V}$

Ou, plus empirique : les tensions étant proportionnelles aux résistances, la tension sera 4 fois supérieure, la répartition des tensions sera donc 1/5 et 4/5. La tension totale étant de 25, on aura : $25 \times 4/5 = 20\text{V}$

Q 10 Référence : T1-7 Réponse : C

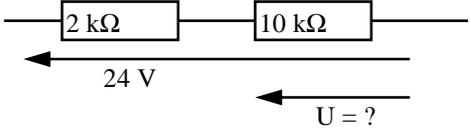
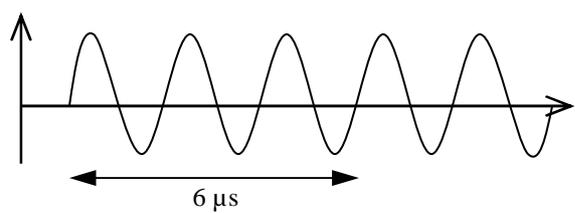
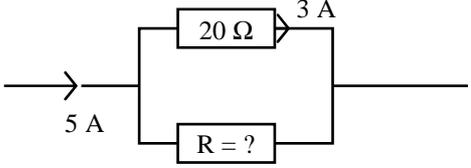
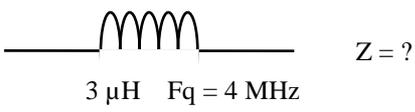
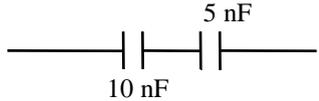
$R_T = 75 + 175 = 250 \Omega$

$I = U/R = 25/250 = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$

Série n°24

Thème : Progression 3 - Réglementation 1

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 A quoi correspond la classe d'émission "Télégraphie auditive avec sous porteuse modulante - modulation de fréquence" ?</p> <p>A : A1A B : F1A C : F2A D : A1B</p>	<p>Q 2 A quoi correspond la classe J7B ?</p> <p>A : Télévision, modulation de phase B : Téléphonie, modulation de fréquence C : Télégraphie automatique, plusieurs voies contenant de l'information numérique, BLU D : Transmission de données, modulation de phase</p>
<p>Q 3 Sur 144,525 MHz, l'émetteur doit avoir une précision de plus ou moins :</p> <p>A : 12,5 kHz B : 25 kHz C : 144 kHz D : 14,5 kHz</p>	<p>Q 4 Sur 29,5 MHz, l'excursion FM ne doit pas dépasser :</p> <p>A : ±15 kHz B : ±3 kHz C : ±25 kHz D : ±12,5 kHz</p>
<p>Q 5 Les rayonnements non essentiels sur 144 MHz et pour 20 W de dissipation doivent être inférieurs à</p> <p>A : -40 dB B : -50 dB C : -60 dB D : -70 dB</p>	<p>Q 6</p>  <p>A : 2 V B : 10 V C : 20 V D : 4 V</p>
<p>Q 7 Quelle est la fréquence de ce signal ?</p>  <p>A : 1 MHz B : 4 MHz C : 500 kHz D : 83333 Hz</p>	<p>Q 8</p>  <p>A : 20 Ω B : 30 Ω C : 40 Ω D : 50 Ω</p>
<p>Q 9 Quelle est l'impédance de la bobine ?</p>  <p>A : 75 Ω B : 12 Ω C : 50 Ω D : 13 Ω</p>	<p>Q 10 Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A : 3,33 nF B : 15 nF C : 2 nF D : 0,3 nF</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 24

Q 1 Référence : R1-2 Réponse : C

Télégraphie auditive = A ; Sous porteuse modulante = 2 ; Modulation de fréquence = F => F2A

Q 2 Référence : R1-2 Réponse : C

J = BLU ; 7 = plusieurs voies numériques ; B : Télégraphie automatique

Q 3 Référence : R1-3 Réponse : D

au delà de 30 MHz la précision de l'affichage doit être au moins $1/10000 (=10^{-4})$; $144,525 \text{ MHz} = 144525 \text{ kHz}$; $144525 / 10000 = 14,4525 \text{ kHz} = 14,5 \text{ kHz}$

Question limite hors programme car elle nécessite la maîtrise de la transformation en multiples et sous-multiples, ce qui n'est pas exigé pour passer l'examen de Réglementation (mais qui est au programme de Technique)

Q 4 Référence : R1-3 Réponse : B

en deçà de 30 MHz, l'excursion FM est de +/- 3 kHz

Q 5 Référence : R1-3 Réponse : B

Au dessus de 40 MHz et en dessous de 25 W (puissance de dissipation) = -50 dB

Q 6 Référence : T1-7 Réponse : C

$$RT = R1 + R2 = 2 + 10 = 12$$

$$U1 = (UT \times R1) / RT = (24 \times 10) / 12 = 240 / 12 = 20 \text{ V}$$

Q 7 Référence : T2-1 Réponse : C

3 cycles en 6 µsecondes => 1 cycle en 2 µsecondes => $Fq = 1/t = 1/0,00002 = 500000 \text{ Hz} = 500 \text{ kHz}$

Sur une calculette : $6 \cdot 10^{-6} \text{ (durée du signal)} \div 3 = 2 \cdot 10^{-6} [1/x] = 500 \cdot 10^3 \text{ converti en } 500 \text{ k}$

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : B

$$IR1 = 5 \text{ A} - 3 \text{ A} = 2 \text{ A}$$

$$UR1 = UR2 = 20 \Omega \times 3 \text{ A} = 60 \text{ V} \Rightarrow R1 = UR1/IR1 = 60\text{V}/2\text{A} = 30 \Omega$$

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : A

$$Z = 6,28 \times F(\text{MHz}) \times L(\mu\text{H}) = 6,28 \times 4 \times 3 = 75,36 \Omega \approx 75 \Omega$$

Sur une calculette : $4 \cdot 10^6 \text{ (F)} \times 3 \cdot 10^{-6} \text{ (L)} = 12 \cdot 10^0 \times 2 \times [\pi] = 75,40 \cdot 10^0 \text{ converti en } 75,40 \text{ arrondi à } 75$

Formule simplifiée : $Z (\Omega) = 6,28 \times 4 \text{ (F en MHz)} \times 3 \text{ (L en } \mu\text{H)} = 75,36 \text{ arrondi à } 75$

Q 10 Référence : T2-3 Réponse : A

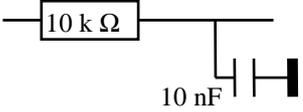
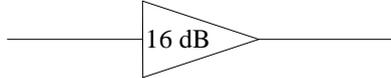
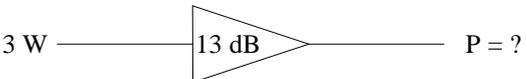
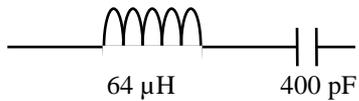
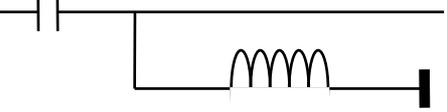
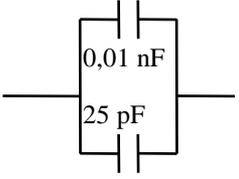
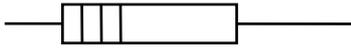
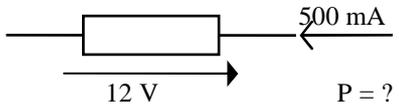
$$CT = (C1 \times C2) / (C1 + C2) = (10 \times 5)/(10 + 5) = 50/15 = 3,33 \text{ nF}$$

Sur une calculette : $1 \div (1 \div 10 \text{ (C1)} + 1 \div 5 \text{ (C2)}) = 3,33$

Série n°25

Thème : Progression 4 - Technique 4

Temps : 13 minutes

<p>Q 1 Quelle est la fréquence de coupure de ce circuit ?</p>  <p>A : 159 Hz B : 1 kHz C : 1590 Hz D : 100 Hz</p>	<p>Q 2 Quel est le gain de cet amplificateur ?</p>  <p>A : 16 B : 40 C : 20 D : 600000</p>
<p>Q 3 Quelle est la puissance de sortie ?</p>  <p>A : 39 W B : 6 W C : 60 W D : 4,33 W</p>	<p>Q 4 Quelle est la fréquence de résonance ?</p>  <p>A : 625 kHz B : 1,6 MHz C : 159 MHz D : 1 MHz</p>
<p>Q 5 Comment appelle-t-on ce filtre ?</p>  <p>A : Bouchon B : Passe bas C : Passe bande D : Passe haut</p>	<p>Q 6 Quelle est la classe d'émission correspondant à "Télévision, Modulation de Phase" ?</p> <p>A : F3G B : P3F C : G3F D : A3E</p>
<p>Q 7 Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A : 135 pF B : 35 pF C : 25,01 pF D : 7.1 pF</p>	<p>Q 8 Quelle est la valeur de la résistance ?</p>  <p>Orange - Violet - Noir</p> <p>A : 350 Ω B : 370 Ω C : 37 Ω D : 35 Ω</p>
<p>Q 9</p>  <p>A : 6 W B : 24 W C : 42 mW D : 288 W</p>	<p>Q 10</p> <p>Soit un fil de 1 mètre de long et de 1 mm² de section. Quelle sera la résistance du fil si on double sa section ?</p> <p>A : x 2 B : x 4 C : / 2 D : / 4</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 25

Q 1 Référence : T4-2 Réponse : C

$$F(\text{Hz}) = 159 / (R(\text{k}\Omega) \times C(\mu\text{F})) = 159 / (10 \times 0,01) = 159 / 0,1 = 1590 \text{ Hz}$$

Sur une calculette : $10 \cdot 10^3 (R) \times 10 \cdot 10^{-9} (C) = 100 \cdot 10^{-6} \times 2 \times [\pi] = 628,32 \cdot 10^{-6} [1/x] = 1,591 \cdot 10^3$
converti en 1,591 k, soit 1591 arrondi à 1590

Formule simplifiée : $F (\text{Hz}) = 159 \div 10 (R \text{ en } \text{k}\Omega) \div 0,01 (C \text{ en } \mu\text{F}) = 1590$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times 10 \cdot 10^3 (R) \times 10 \cdot 10^{-9} (C)) = 1,591 \cdot 10^3$ converti en 1,591 k soit 1591 arrondi à 1590

Q 2 Référence : T4-1 Réponse : B

16 dB

4) 40
x10)

Sur une calculette : $16 (\text{dB}) \div 10 = 1,6 [10^x] = 39,81$ arrondi à 40

Ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (16 (\text{dB}) \div 10) = 39,81$ arrondi à 40

Q 3 Référence : T4-1 Réponse : C

13 dB

2) 20
x10)

Sur une calculette : $13 (\text{dB}) \div 10 = 1,3 [10^x] = 19,95$ arrondi à 20

Ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (13 (\text{dB}) \div 10) = 19,95$ arrondi à 20

$$3 \text{ W} \times 20 = 60 \text{ W}$$

Q 4 Référence : T4-3 Réponse : D

$$F(\text{MHz}) = 159 / \sqrt{(L(\mu\text{H}) \times C(\text{pF}))} = 159 / \sqrt{(64 \times 400)} = 159 / 160 = 1 \text{ MHz}$$

Sur une calculette : $64 \cdot 10^{-6} (L) \times 400 \cdot 10^{-12} (C) = 25,6 \cdot 10^{-15} [\sqrt{]} = 160 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 1,005 \cdot 10^{-6} [1/x]$
 $= 994,7 \cdot 10^3$ converti en 995 k, soit 0,995 M arrondi à 1 M

formule simplifiée : $F (\text{MHz}) = 159 \div \sqrt{(64 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 400 (C \text{ en } \text{pF}))} = 0,994$ arrondi à 1 M

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times \sqrt{]} (64 \cdot 10^{-6} (L) \times 400 \cdot 10^{-12} (C)) = 994,7 \cdot 10^3$ converti en 995 k arrondi à 1 M

Q 5 Référence : T4-3 Réponse : D

Passe Haut : le condensateur est en haut

Q 6 Référence : R1-2 Réponse : C

Télévision : 3 et F

Modulation de Phase : G

On commence par la modulation : G3F

Q 7 Référence : T2-3 Réponse : B

$$0,01 \text{ nF} = 10 \text{ pF}$$

$$C_T = C_1 + C_2 = 10 + 25 = 35 \text{ pF}$$

Q 8 Référence : T1-5 Réponse : C

Orange : 3)

Violet : 7) 37 Ω - Attention : Noir en multiplicateur = pas de 0, pas de multiplicateur

Noir : 0)

Q 9 Référence : T1-2 Réponse : A

$$500 \text{ mA} = 0,5 \text{ A}$$

$$P = U \times I = 12 \times 0,5 = 6 \text{ W}$$

Q 10 Référence : T1-4 Réponse : C

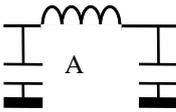
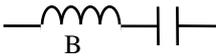
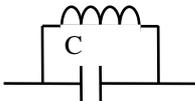
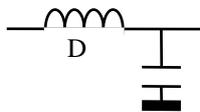
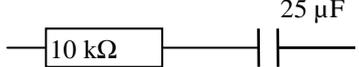
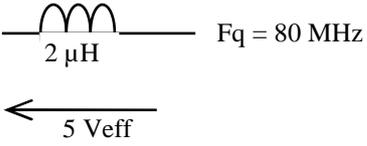
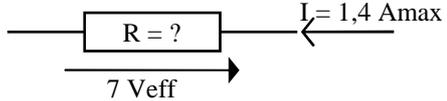
$$R = \rho \times L / s$$

si s x 2, alors R / 2

Série n°26

Thème : Progression 5 - Réglementation 2

Temps : 12 minutes

<p>Q 1 Quelle est la bande partagée avec statut secondaire ?</p> <p>A : 30 m B : 15 m C : 10 m D : 2 m</p>	<p>Q 2 Le seuil de susceptibilité d'un récepteur est atteint lorsque :</p> <p>A : les découplages des circuits d'alimentation sont saturés B : les perturbations dépassent le niveau d'immunité C : le circuit d'entrée est saturé D : le durcissement n'a plus aucun effet</p>
<p>Q 3 La bande 144-146 MHz :</p> <p>A : est réservée en exclusivité aux radioamateurs B : est une bande partagée à égalités de droits C : est une bande partagée à statut secondaire D : est protégée pour certains services</p>	<p>Q 4 Emettre dans la bande 430-434 MHz :</p> <p>A : n'est pas réservé en exclusivité aux radioamateurs B : est possible en Guyane et aux Antilles C : est autorisé pour les stations de classe 3 D : est possible pour le trafic satellite</p>
<p>Q 5 Quel type de perturbation est rayonné ? une perturbation véhiculée par :</p> <p>A : le secteur B : l'antenne C : le câble coaxial D : le câble du haut-parleur</p>	<p>Q 6 Quel est le filtre passe bande ?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>B</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>C</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>D</p> </div> </div>
<p>Q 7 Quelle est l'atténuation de ce filtre ? (à partir de la fréquence de coupure du circuit)</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>A : 6 dB/Octave B : 12 dB/octave C : 3 dB/octave D : 6 dB/décade</p>	<p>Q 8 Quel est le temps de charge du condensateur (plus de 99% de la tension d'alimentation) ?</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>A : 1,25 seconde B : 2,5 minutes C : cela dépend de la tension D : 2,5 μsecondes</p>
<p>Q 9 Quelle est l'intensité parcourant la bobine ?</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>A : 31 mA B : 3 A C : 5 mA D : 25 A</p>	<p>Q 10</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>A : 20 Ω B : 5 Ω C : 7 Ω D : 10 Ω</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ 15/30

Réponses Série 26

Q 1 Référence : R2-1 Réponse : A

Q 2 Référence : R5-4 Réponse : B

Attention à ce genre de questions qui peuvent facilement être hors programme : les connaissances se limitent à des généralités et il est difficile de déterminer précisément l'étendue du programme de Technique de l'épreuve de Réglementation. Cette question, par exemple, est limite hors programme car elle demande des connaissances qui ne sont pas demandées dans le cadre de l'examen de Réglementation (notion de saturation, par exemple, qui sera vue dans la partie technique lors de l'étude de comportement des amplificateurs).

Q 3 Référence : R2-1 Réponse : A

Q 4 Référence : R2-2 Réponse : A

la bande 430-434 est en bande partagée à statut secondaire. En Guyane et aux Antilles, l'émission est interdite de 433,75 à 434,25 MHz. Seule la bande 144-146 est autorisée aux Novices. La bande Satellite commence à 435 MHz.

Q 5 Référence : R5-4 Réponse : B

Une perturbation véhiculée par un câble est conduite (et non pas rayonnée) : seule une antenne peut créer une perturbation rayonnée (ou un émetteur mal blindé)

Q 6 Référence : T4-3 Réponse : B

Le filtre passe bande est aussi appelé filtre série car L et C sont en série

Q 7 Référence : T4-3 Réponse : B

L'atténuation est de 6 dB par octave et par élément actif. Ce filtre possède deux éléments actifs, son atténuation est de 12 dB à partir de la fréquence de coupure.

Q 8 Référence : T2-4 Réponse : A

$T = R \times C = 10.000 \times 0,000\ 025 = 0,25$

au bout de 5 T, le condensateur est plein, donc $5T = 5 \times 0,25 = 1,25$ seconde

Sur une calculatrice : $10.10^3 (R) \times 25.10^{-6} (C) = 250.10^{-3} \times 5 = 1,25.10^0 = 1,25$

ou formule simplifiée : $t(ms) = 10 (R \text{ en } k\Omega) \times 25 (C \text{ en } \mu F) = 250 \text{ ms}$; le condensateur est plein au bout de 5 t, donc $5 t = 5 \times 250 \text{ ms} = 1250 \text{ ms}$ converti en 1,25 s

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : C

$ZL = 6,28 \times L(\mu H) \times F(MHz) = 6,28 \times 2 \times 80 = 1005 \Omega$ arrondi à 1 k Ω

$I = U/R = U/Z = 5/1000 = 5 \text{ mA}$

Sur une calculatrice : calcul de ZL : $2.10^{-6} (L) \times 80.10^6 (F) = 160.10^0 \times 2 \times [\pi] = 1,005.10^3$

Calcul de I : $1,005.10^3 (ZL) [1/x] = 994,7.10^{-6} \times 5 (U) = 4,973.10^{-3}$ converti en 4,973 mA arrondi à 5 mA

Formule simplifiée : calcul de ZL : $Z (\Omega) = 6,28 \times 80 (F \text{ en } MHz) \times 2 (L \text{ en } \mu H) = 1004,8$ arrondi à 1000

Calcul de I : $I = U/R = 5 / 1000 = 0,005 = 5 \text{ mA}$

Q 10 Référence : T2-2 Réponse : C

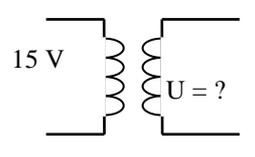
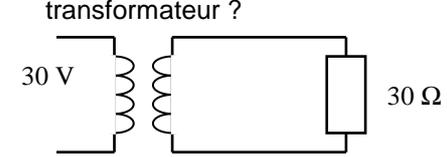
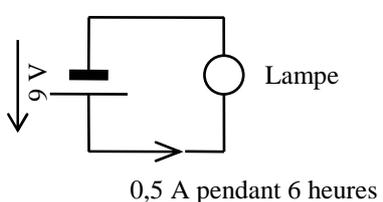
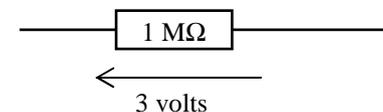
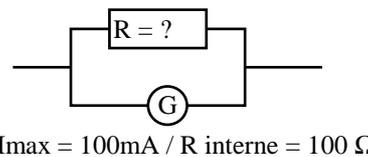
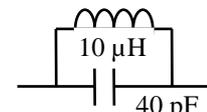
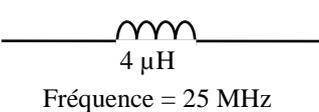
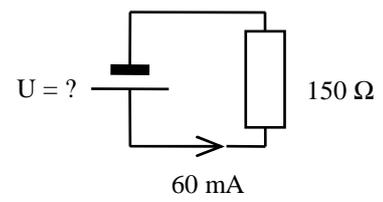
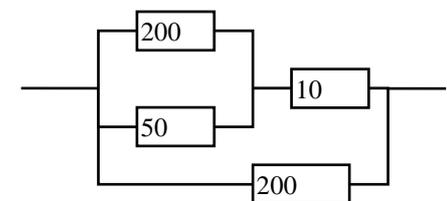
$I_{eff} = 0,707 \times I_{max} = 0,707 \times 1,4 A_{max} = 1 A_{eff}$

$R = U/I = 7V/1A = 7 \Omega$

Série n°27

Thème : Progression 6 - Technique 3

Temps : 15 minutes

<p>Q 1</p>  <p style="text-align: center;">75 spires 25 spires</p> <p>A : 45 V B : 5 V C : 25 V D : 30 V</p>	<p>Q 2 Quelle est l'intensité au secondaire du transformateur ?</p>  <p style="text-align: center;">100 spires 50 spires</p> <p>A : 2 A B : 1 A C : 500 mA D : 300 mA</p>
<p>Q 3 Quelle est la capacité de la pile ?</p>  <p>A : 48600 C B : 3 Ah C : 9 Ah D : 97200 C</p>	<p>Q 4 Quel instrument de mesure utilise-t-on pour mesurer la tension sur cette résistance ?</p>  <p>A : un voltmètre de 20.000 Ω/V B : un multimètre de 1.000 Ω/V C : un voltmètre numérique de 100 MΩ/V D : un électromètre</p>
<p>Q 5 Calibre = 1 A</p>  <p>A : 1,1 m Ω B : 1,001 Ω C : 11,11 Ω D : 1,00001 m Ω</p> <p style="text-align: center;">$I_{max} = 100\text{mA} / R_{interne} = 100 \Omega$</p>	<p>Q 6 Quelle est la fréquence de résonance de ce circuit ?</p>  <p>A : 7,95 MHz B : 397 kHz C : 3,97 MHz D : 15,9 MHz</p>
<p>Q 7 Quelle est la réactance de cette bobine ?</p>  <p>A : 628 Ω B : 100 Ω C : 1,6 m Ω D : 62,5 Ω</p>	<p>Q 8</p>  <p>A : 2,5 V B : 60 V C : 9 V D : 0,9 V</p>
<p>Q 9 Quelle est la formule fautive ?</p> <p>A : $P = U / I$ B : $R = U / I$ C : $P = U^2 / R$ D : $I = P / U$</p>	<p>Q 10 Quelle est la résistance équivalente de ce circuit</p>  <p>A : 40 Ω B : 50 Ω C : 220 Ω D : 400 Ω</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 15/30

Réponses Série 27

Q 1 Référence : T3-1 Réponse : B

$$N = n_s/n_p = 25/75 = 1/3$$

$$U_S = U_P \times N = 15 \times 1/3 = 15/3 = 5 \text{ V}$$

Q 2 Référence : T3-1 Réponse : C

$$N = n_s/n_p = 50/100 = 1/2$$

$$U_S = U_P \times N = 30/2 = 15 \text{ V}$$

$$I_S = U_S/R = 15\text{V}/30 \Omega = 0,5 \text{ A} = 500 \text{ mA}$$

Q 3 Référence : T3-3 Réponse : B

$$Q = I \times t = 0,5 \text{ A} \times 6 \text{ heures} = 3 \text{ Ah}$$

La mention 9V ne sert à rien dans ce problème

Q 4 Référence : T3-5 Réponse : C

Pour que l'instrument de mesure ne perturbe pas le circuit (qui a une très grande résistance pour une faible tension), il faut que la qualité du voltmètre (ou du multimètre) ait au moins un rapport Ω/V dix fois supérieur au rapport Ω/V de la résistance dont la tension est à mesurer. Le seul instrument cité ayant ces caractéristiques est celui de la réponse C. La réponse D est fantaisiste.

Q 5 Référence : T3-4 Réponse : C

$$R = (r \times I_g)/(I_T - I_g) = (100 \text{ mA} \times 100 \Omega) / (1 \text{ A} - 100 \text{ mA})$$

$$= (0,1 \times 100)/(1 - 0,1) = 10/0,9 = 11,11 \Omega$$

ou méthode plus empirique : il passe 9 fois plus de courant dans la résistance que dans le galvanomètre, la valeur de la résistance sera donc 9 fois plus faible que la résistance du galvanomètre, donc :

$$R = 100 / 9 = 11,11$$

Q 6 Référence : T4-3 Réponse : A

$$F(\text{MHz}) = 159/\sqrt{L(\mu\text{H}) \times C(\text{pF})} = 159/\sqrt{(10 \times 40)} = 159/\sqrt{400} = 159/20 = 7,95 \text{ MHz}$$

Sur une calculette : $10 \cdot 10^{-6} (L) \times 40 \cdot 10^{-12} (C) = 400 \cdot 10^{-18} [\text{V}] = 20 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 112,57 \cdot 10^{-9} [1/x] = 7,957 \cdot 10^6$
converti en 7,957 MHz arrondi à 7,95 MHz

formule simplifiée : $F (\text{MHz}) = 159 \div \sqrt{10 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 40 (C \text{ en } \text{pF})} = 7,95 \text{ M}$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [\sqrt{\quad}]) (10 \cdot 10^{-6} (L) \times 40 \cdot 10^{-12} (C)) = 7,957 \cdot 10^6$ converti en 7,95 MHz

Q 7 Référence : T2-3 Réponse : A

$$Z_L(\Omega) = 6,28 \times F(\text{MHz}) \times L(\mu\text{H}) = 6,28 \times 4 \times 25 = 628 \Omega$$

Sur une calculette : $4 \cdot 10^6 (F) \times 25 \cdot 10^{-6} (L) = 100 \cdot 10^0 \times 2 \times [\pi] = 628,3 \cdot 10^0$ converti en 628,3 arrondi à 628

Formule simplifiée : $Z (\Omega) = 6,28 \times 4 (F \text{ en } \text{MHz}) \times 25 (L \text{ en } \mu\text{H}) = 628$

Q 8 Référence : T1-2 Réponse : C

$$60 \text{ mA} = 0,06 \text{ A} ; U = R \times I = 150 \Omega \times 0,06 = 9 \text{ V}$$

Q 9 Référence : T1-2 Réponse : A

$$P = U \times I$$

Q 10 Référence : T1-7 Réponse : A

$$R(200;50) = (200 \times 50)/(200 + 50) = 40$$

$$R(200;50;10) = 40 + 10 = 50$$

$$R(200;50;10;200) = (200 \times 50)/(200 + 50) = 40 \Omega$$

Sur une calculette : $1 \div (1 \div 200 (R1) + 1 \div 50 (R2)) = 40$

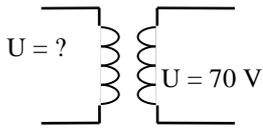
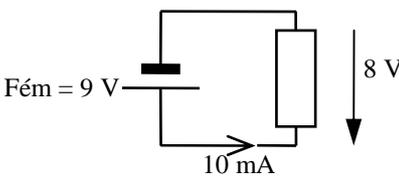
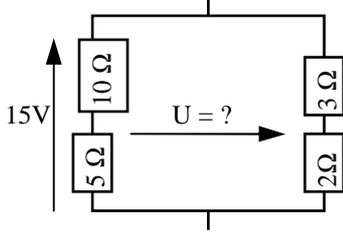
$$40 + 10 (R3) = 50$$

$$1 \div (1 \div 50 + 1 \div 200 (R4)) = 40$$

Série n°28

Thème : Progression 7 - Réglementation 3

Temps : 13 minutes

<p>Q 1 Quelle est l'épellation correcte de TK5UO</p> <p>A : Tango Kilo 5 University Ontario B : Tango Kilo 5 Uniform Oscar C : Tango Kilo 5 Uniform Ontario D : Tango Kilo 5 University Oscar</p>	<p>Q 2 L'épellation de la lettre S est :</p> <p>A : Santiago B : Sam C : Suzanne D : Sierra</p>
<p>Q 3 F3XX appelle F5YY en téléphonie. Quel est le message ?</p> <p>A : F5YY, F5YY, F5YY, ici F3XX, F3XX, F3XX, Répondez B : F3XX appelle F5YY, F3XX appelle F5YY, Répondez C : F5YY ici F3XX, F5YY ici F3XX, F5YY ici F3XX, Répondez D : F5YY de F3XX, F5YY de F3XX, F5YY de F3XX, Répondez</p>	<p>Q 4 A la fin d'un contact en téléphonie, le message est :</p> <p>A : F6XXX passe en QRT B : F6XXX, émission terminée C : F6XXX, terminé D : Ici F6XXX, émission terminée</p>
<p>Q 5 Teneur des conversations autorisées :</p> <p>A : Adresse d'un radioamateur B : Astrologie C : Vie associative radioamateur D : Radioguidage sur un relais</p>	<p>Q 6</p>  <p>90 spires 30 spires</p> <p>A : 30 V B : 23,3 V C : 90 V D : 210 V</p>
<p>Q 7 Quelle est la résistance interne de la pile ?</p>  <p>A : 1 kΩ B : 100 Ω C : 800 Ω D : 900 Ω</p>	<p>Q 8 Quelle est l'affirmation fautive ?</p> <p>A : Une perturbation véhiculée par le secteur est une perturbation conduite B : une perturbation provenant du circuit d'entrée d'un récepteur est une perturbation rayonnée C : il faut prendre des mesures de durcissement pour atteindre un meilleur niveau d'immunité D : une perturbation est rayonnée lorsqu'elle est véhiculée par des conducteurs</p>
<p>Q 9 Pulsation d'une fréquence de 200 kHz ?</p> <p>A : 1.121 rad/s B : 200.000 rad/s C : 1.256.000 rad/s D : 79.500 rad/s</p>	<p>Q 10</p>  <p>A : +1 V B : -1 V C : +3 V D : -7 V</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 28

Q 1 Référence : R3-1 Réponse : B

U = Uniform

O = Oscar

Q 2 Référence : R3-1 Réponse : D

S = Sierra (Santiago est l'ancienne épellation, celle de la conférence de Madrid en 1932)

Q 3 Référence : R3-3 Réponse : A

3 fois indicatif appelé, ICI, 3 fois indicatif appelant, RÉPONDEZ. Il faudra, bien entendu, épeler chaque lettre des indicatifs d'appel avec le code d'épellation international (« Fox-trot 5 Yankee Yankee ... »)

Q 4 Référence : R3-3 Réponse : C

indicatif appelant, TERMINE

Q 5 Référence : R3-4 Réponse : C

Astronomie et pas astrologie

Seule adresse autorisée : adresse de la station

Q 6 Référence : T3-1 Réponse : D

$N = ns/np = 30/90 = 1/3$

$UP = US / N = 70 \times 3 = 210 \text{ V}$

Q 7 Référence : T3-3 Réponse : B

$r = (E - U)/I = (9 - 8)/0,01 = 1/0,01 = 100 \Omega$

Q 8 Référence : R5-4 Réponse : D

Une perturbation est conduite lorsqu'elle est véhiculée par des conducteurs (et non pas rayonnée)

Attention à ce genre de question lors de l'examen de réglementation : elles peuvent être hors programme car demandant des connaissances qui ne sont pas demandées pour cet examen dont le niveau est inférieur à celui de Technique. Les affirmations de cette question ne sont pas, à mon opinion, hors programme (mais pour d'autres personnes, elles pourraient l'être).

Q 9 Référence : T2-1 Réponse : C

$\omega(\text{rad/s}) = 2 \times \pi \times F(\text{Hz}) = 6,28 \times 200.000 = 1.256.000 \text{ rad/s}$

Q 10 Référence : T1-6 Réponse : A

$U(5 \Omega) = (15\text{V} \times 5 \Omega)/15 \Omega = 5 \text{ V}$

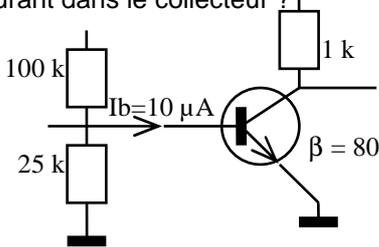
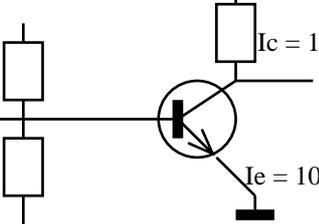
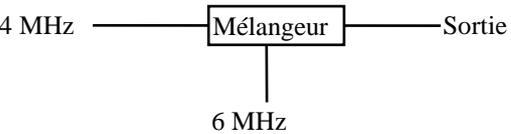
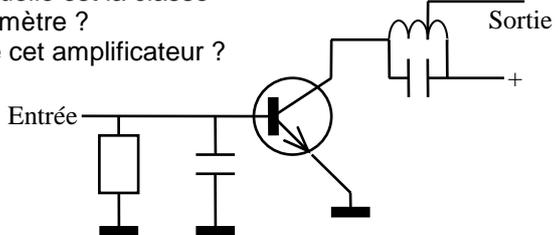
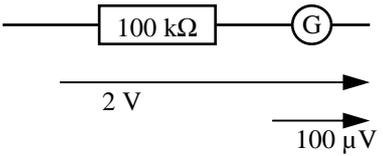
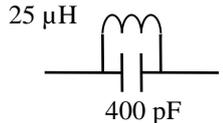
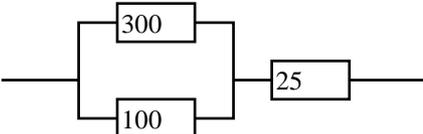
$U(2 \Omega) = (15\text{V} \times 2 \Omega)/5 \Omega = 6 \text{ V}$

$U = 6\text{V} - 5\text{V} = +1\text{V}$

Série n°29

Thème : Progression 8 - Technique 5, 6 et 7

Temps : 16 minutes

<p>Q 1 Quel est le courant dans le collecteur ?</p>  <p>A : 125µA B : 100 mA C : 80 mA D : 0,8 mA</p>	<p>Q 2 Quel est le gain du transistor ?</p>  <p>A : $\beta = 99$ B : $\beta = 101$ C : $\beta = 100$ D : $\beta = 1,01$</p>
<p>Q 3 A la sortie du mélangeur, on aura :</p>  <p>A : 10 et 2 MHz B : 2 et 24 MHz C : 10 et 6 MHz D : 4 et 10 MHz</p>	<p>Q 4</p> <p>Le rendement d'un amplificateur monté en classe A est au maximum de :</p> <p>A : 20 % B : 50 % C : 70 % D : 120 %</p>
<p>Q 5 Quelle est la classe galvanomètre ? de cet amplificateur ?</p>  <p>A : classe A B : classe B C : classe AB D : classe C</p>	<p>Q 6 Quelle est l'intensité parcourant le</p>  <p>A : 2 mA B : 20 µA C : 5 mA D : 2,5 µA</p>
<p>Q 7</p> <p>Un produit d'intermodulation est :</p> <p>A : créé au niveau d'un étage linéaire B : un mélange de 2 fréquences fondamentales C : généré par une antenne mal réglée D : uniquement un problème d'émission</p>	<p>Q 8 Quelle est la fréquence de résonance ?</p>  <p>A : 159 MHz B : 1,59 MHz C : 10 MHz D : 100 MHz</p>
<p>Q 9 Quelle est la résistance équivalente ?</p>  <p>A : 75 B : 50 C : 100 D : 25</p>	<p>Q 10</p> <p>Quelle est la formule vraie ?</p> <p>A : $R = P^2/U$ B : $I = \sqrt{(P/R)}$ C : $P = I^2/R$ D : $I = R/U$</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 29

Q 1 Référence : T6-2 Réponse : D

$$I_c = \beta \times I_b = 80 \times 10 \mu\text{A} = 800 \mu\text{A} = 0,8 \text{ mA}$$

Q 2 Référence : T6-2 Réponse : C

$$I_e = I_c + I_b, \text{ donc } I_b = I_e - I_c = 101 \text{ mA} - 100 \text{ mA} = 1 \text{ mA}$$

$$I_c = \beta \times I_b, \text{ donc } \beta = I_c/I_b = 100/1 = 100$$

Q 3 Référence : T7-7 Réponse : A

$$4 + 6 \text{ et } 4 - 6 \text{ (ou } 6 - 4) = 10 \text{ et } 2$$

Q 4 Référence : T7-1 Réponse : B

Le rendement de la classe A est le plus faible (30 à 50% au maximum)

Q 5 Référence : T7-1 Réponse : D

La classe C est remarquable aux circuits RC en entrée et LC en sortie

Q 6 Référence : T3-4 Réponse : B

$$I_g = IR = UR/R ; UR = U_{\text{calibre}} = 2 \text{ V (à la tension aux bornes du galvanomètre près)}$$

$$I = 2 \text{ V}/100 \text{ k}\Omega = 0,000 02 \text{ A} = 20 \mu\text{A}$$

Q 7 Référence : R5-4 Réponse : B

Les produits d'intermodulation proviennent de la non linéarité des étages d'amplification d'un récepteur (cette non linéarité est quelquefois due à la saturation des étages).

Attention, ce genre de questions est limite hors programme même si la notion d'intermodulation est au programme de l'examen de réglementation car les connaissances demandées pour répondre correctement à la question dépassent le cadre de l'examen de réglementation et relèvent plutôt de l'examen de Technique (notion de linéarité par exemple)

Q 8 Référence : T4-3 Réponse : B

$$F = 159/\sqrt{L(\text{MHz}) \times C(\text{pF})} = 159/\sqrt{25 \times 400} = 159/\sqrt{10000} = 159/100 = 1,59$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 25 \cdot 10^{-6} (L) \times 400 \cdot 10^{-12} (C) = 10 \cdot 10^{-15} [\text{V}] = 100 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 628,3 \cdot 10^{-9} [1/x] = 1,59 \cdot 10^6$$

converti en 1,59 MHz

$$\text{formule simplifiée : } F (\text{MHz}) = 159 \div \sqrt{25 (L \text{ en MHz}) \times 400 (C \text{ en pF})} = 1,59 \text{ M}$$

$$\text{en écriture naturelle : } 1 \div (2 \times [\pi] \times [\sqrt{\quad}]) (25 \cdot 10^{-6} (L) \times 400 \cdot 10^{-12} (C)) = 1,59 \cdot 10^6 \text{ converti en 1,59 MHz}$$

Q 9 Référence : T1-7 Réponse : C

$$(300 \times 100)/(300 + 100) = 30000/400 = 75$$

$$75 + 25 = 100$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 1 \div (1 \div 300 (R1) + 1 \div 100 (R2)) = 75$$

$$75 + 25 (R3) = 100$$

Q 10 Référence : T1-2 Réponse : B

$$R = U^2/P$$

$$P = R \times I^2$$

$$I = U/R$$

Série n°30

Thème : Progression 9 - Technique 8 et 9

Temps : 13 minutes

<p>Q 1 Quel est le gain de ce circuit ?</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>A : - 0,2 B : 5 C : -5 D : 0,2</p>	<p>Q 2 Quel est le facteur Q à la résonance de ce circuit ?</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>A : 15.000 B : 1.500 C : 6.666 D : 20.000</p>
<p>Q 3 Quelle est la longueur d'onde d'une fréquence de 50 MHz</p> <p>A : 166 m B : 6 m C : 3,18 m D : 3 m</p>	<p>Q 4 La fréquence de 50 MHz doit être classée dans les ondes :</p> <p>A : Hectométriques B : Décamétriques C : Métriques D : Décimétriques</p>
<p>Q 5 Quelle est la longueur d'un brin pour un doublet demi-onde taillé pour une fréquence de 50 MHz ?</p> <p>A : 12 m B : 1,5 m C : 3 m D : 6 m</p>	<p>Q 6 Quelle est l'impédance d'entrée d'un amplificateur monté en base commune ?</p> <p>A : basse B : moyenne C : élevée D : infinie</p>
<p>Q 7 L'appel général en téléphonie doit être lancé ainsi :</p> <p>A : Appel général (3 fois), ici F6XX, F6XX, F6XX, répondez B : CQ, CQ, CQ de F6XX, F6XX, F6XX, répondez C : F6XX lance appel général (3 fois), répondez D : Appel à tous (3 fois), ici F6XX (3 fois), répondez spires</p>	<p>Q 8 Quel est le nombre de spires du secondaire ?</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>90 spires nombre de spires = ?</p> <p>A: 60 spires B: 150 spires C: 30 spires D: 54</p>
<p>Q 9 Quelle fréquence est une limite de bande ?</p> <p>A : 10.250 kHz B : 24,7 MHz C : 29,7 MHz D : 1.350 MHz</p>	<p>Q 10 Quelle est la valeur de cette résistance ?</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>A : 7900 Ω B : 5800 Ω C : 2,8 M Ω D : 59000 Ω</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ 15/30

Réponses Série 30

Q 1 Référence : T8-2 Réponse : C

$$G = -R2/R1 = -75/15 = -5$$

Q 2 Référence : T4-4 Réponse : B

$$Z(k\Omega) = L(\mu H) / (R(k\Omega) \cdot C(pF)) = 30 / (0,01 \times 200) = 30 / 2 = 15 k\Omega$$

$$Q = Z / R = 15.000 / 10 = 1.500$$

Sur une calculette : $30 \cdot 10^{-6} (L) \div 200 \cdot 10^{-12} (C) = 150 \cdot 10^3 \div 10 (R) = 15 \cdot 10^3 \div 10 (R) = 1,5 \cdot 10^3$
soit 1,5 k converti en 1500

Formule simplifiée : $Q = 30 (L \text{ en } \mu H) \div 0,01 (R \text{ en } k\Omega) \div 200 (C \text{ en } pF) \div 0,01 (R \text{ en } k\Omega) = 1500$

Q 3 Référence : T9-1 Réponse : B

$$L(m) = 300/F(\text{MHz}) = 300/50 = 6 \text{ mètres}$$

Attention, on trouve aussi ce genre de questions dans la partie Réglementation de l'examen

Q 4 Référence : T9-2 Réponse : C

$$50 \text{ MHz} = 6 \text{ mètres} = \text{métrique (1 à 9,99 mètres)}$$

Attention, ce genre de questions peut aussi être posé à l'examen de Réglementation. Dans ce cas, la question est, à notre opinion, hors programme.

Q 5 Référence : T9-4 Réponse : B

$$L(m) = 150/F(\text{MHz})/2 = 150/50/2 = 1,5 \text{ mètres}$$

Attention, on trouve aussi ce genre de questions dans la partie Réglementation de l'examen

Q 6 Référence : T6-3 Réponse : A

Z entrée pour les 3 montages :

Emetteur commun : moyenne

Collecteur commun : élevée

Base commune : basse

Q 7 Référence : R3-3 Réponse : D

On ne dit pas « appel général » ni CQ (réservé à la télégraphie) mais « appel à tous ». On utilisera, pour épeler l'indicatif d'appel le code d'épellation international.

Q 8 Référence : T3-1 Réponse : D

$$N = U_s/U_p = 30/50 = 0,6$$

$$n_s = n_p \times N = 90 \times 0,6 = 54 \text{ spires}$$

nombre de spires au prorata des tensions

Q 9 Référence : R2-1 Réponse : C

Attention aux multiples kHz et MHz. De plus, ne pas confondre le point séparateur de milliers (exemple : 1.350) avec la virgule décimale (exemple : 29,7)

Q 10 Référence : T1-5 Réponse : B

$$\text{Vert} = 5$$

$$\text{Gris} = 8 \Rightarrow 58 \text{ } 00 \Rightarrow 5800 \Omega$$

$$\text{Rouge} = 2$$

Série n°31

Thème : Progression 10 - Réglementation 4 et 5

Temps : 11 minutes

<p>Q 1 Quel est la mention obligatoire à porter sur le carnet de trafic ?</p> <p>A : Force des signaux reçus par le correspondant B : Force des signaux reçus du correspondant C : Classe d'émission D : Prénom du correspondant</p>	<p>Q 2 A quel rapport correspond 10 dB ?</p> <p>A : 2 B : 4 C : 10 D : 100</p>
<p>Q 3 L'indicatif FM5ED :</p> <p>A : est attribué à un corse B : est attribué à un club C : n'est pas un indicatif radioamateur D : est attribué à un radioamateur de Martinique</p>	<p>Q 4 Le suffixe "/MM" :</p> <p>A : est utilisé à bord d'un véhicule B : est soumis à un accord préalable de l'administration C : peut être utilisé dans un avion D : est attribué à une station mobile</p>
<p>Q 5 Une station peut être manoeuvrée par :</p> <p>A : n'importe qui, sous le contrôle de l'opérateur principal B : par un radioamateur étranger quelconque C : par un opérateur titulaire d'un certificat d'opérateur de classe 1 D : par un opérateur occasionnel sans qu'il ait à préciser son indicatif personnel.</p>	<p>Q 6 Le gain d'un doublet par rapport à l'antenne isotrope est de :</p> <p>A : 3 dB B : 2,14 dB C : 6 dB D : 4,5 dB</p>
<p>Q 7 Dans un dipôle, on a au centre de celui-ci :</p> <p>A : U_{max} et I_{max} B : $U=0$ et I_{max} C : U_{max} et $I=0$ D : $U=0$ et $I=0$</p>	<p>Q 8 L'indicatif TM5ZX s'épelle :</p> <p>A : Tango Mexico 5 Zoulou X-Ray B : Tango Mike 5 Zoulou X-Ray C : Tango Mexico 5 Zanzibar X-Ray D : Tango Mike 5 Zanzibar X-Ray</p>
<p>Q 9 Comment s'appelle ce filtre ?</p> <p>A : Série B : Passe Bas C : Passe Haut D : Bouchon</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>	<p>Q 10</p> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;"> </div> <p>A : 6,06 mA B : 8,6 mA C : 12,1 mA D : 21 mA</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 31

Q 1 Référence : R4-1 Réponse : C
Force des signaux et prénom inutiles

Q 2 Référence : R5-1 Réponse : C
Quand on parle de rapport, il s'agit toujours du rapport de puissance, même si ce n'est pas précisé. Les rapports de tension sont hors programme pour l'examen de Réglementation et sont à la limite du hors programme, à notre opinion, pour l'examen de Technique.

Q 3 Référence : R4-6 Réponse : D
Formation des indicatifs d'appel hors France continentale :
Corse : TK
Club : suffixe commençant par K

Q 4 Référence : R4-3 Réponse : B
Pour une station maritime mobile (suffixe "/MM"), le titulaire doit demander une autorisation spéciale à l'administration. Une autorisation du commandant de bord doit être jointe à la demande.

Q 5 Référence : R4-3 Réponse : C
Evidemment, réponse C : tous les autres cas sont interdits et un radioamateur titulaire d'un certificat d'opérateur de classe 1 a le droit d'utiliser n'importe quelle station du moment qu'il précise bien son indicatif (opérateur occasionnel)

Q 6 Référence : T9-7 Réponse : B
Attention, cette question est aussi posée en Réglementation (limite hors programme, à notre opinion)

Q 7 Référence : T9-4 Réponse : B

Q 8 Référence : R3-1 Réponse : B

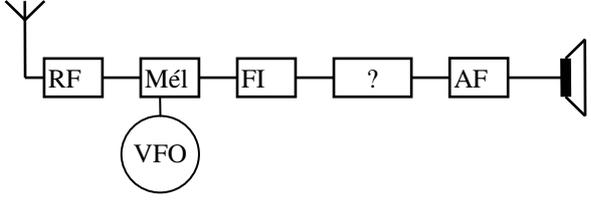
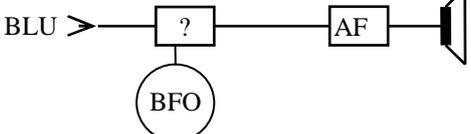
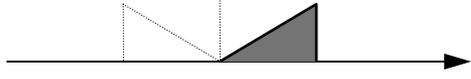
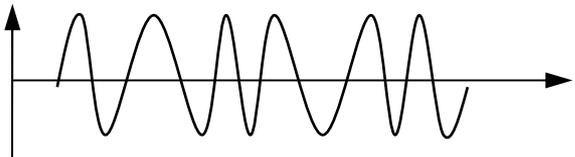
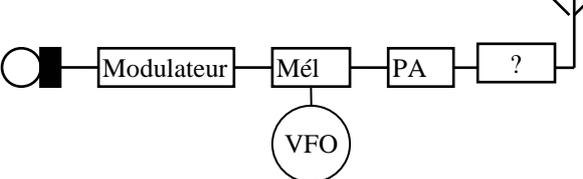
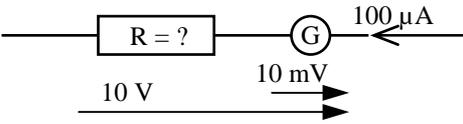
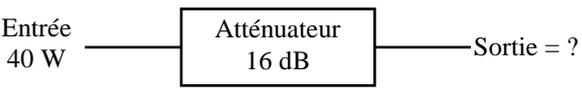
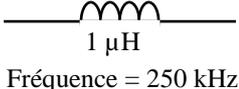
Q 9 Référence : T4-3 Réponse : B

Q 10 Référence : T2-2 Réponse : A
 $U_{\max} = 18 \text{ V} \Rightarrow U_{\text{eff}} = 18 \times 0,707 = 12,726 \text{ V}$
 $I = U/R = 12,726/2100 = 0,00606 = 6,06 \text{ mA}_{\text{eff}}$

Série n°32

Thème : Progression 11 - Technique 11 et 12

Temps : 13 minutes

<p>Q 1 Comment s'appelle l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Modulateur B : Filtre FI C : Démodulateur D : Oscillateur de battement de fréquence</p>	<p>Q 2 Que peut-on démoduler avec une détection ?</p> <p>A : J3E B : A3E C : A1A D : G3E</p>
<p>Q 3 Comment s'appelle l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Détection B : Modulateur C : Détecteur de produit D : Oscillateur</p>	<p>Q 4 Comment s'appelle cette modulation ?</p>  <p>A : Modulation d'amplitude B : Bande Latérale Unique C : Modulation de fréquence D : Modulation de phase</p>
<p>Q 5 Comment s'appelle cette modulation ?</p>  <p>A : A3E B : G3E C : J3E D : R3E</p>	<p>Q 6 Comment s'appelle l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Filtre anti-harmonique B : Mélangeur Équilibré C : Filtre à Quartz D : Oscillateur local</p>
<p>Q 7 Quelle est la fréquence de fonctionnement de cette antenne quart d'onde verticale ?</p>  <p>A : 57 MHz B : 35 MHz C : 30 MHz D : 15 MHz</p>	<p>Q 8 Quelle est la valeur de la résistance R</p>  <p>A : 100 kΩ B : 99,9 kΩ C : 999.900 Ω D : 999.000 Ω</p>
<p>Q 9</p>  <p>A : 2,5 W B : 1 W C : 24 W D : 4 W</p>	<p>Q 10 Quelle l'impédance de la bobine ?</p>  <p>A : 795 Ω B : 250 Ω C : 1570 Ω D : 1,57 Ω</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 32

Q 1 Référence : T11-2 Réponse : C

Q 2 Référence : T12-2 Réponse : B
La détection démodule de l'AM ; = A3E (voir R1-2)

Q 3 Référence : T12-2 Réponse : C
Pour démoduler de la BLU, on utilise un BFO (marqué sur le synoptique) et un détecteur de produit.

Q 4 Référence : T12-1 Réponse : B
Attention aux représentations schématiques sur le Minitel, bien moins explicite que dans cet exercice...

Q 5 Référence : T12-1 Réponse : B
Attention aux représentations schématiques sur le Minitel : la sinusoïde de la FM est tracée avec des croix ou des étoiles. Le signal FM peut aussi être représenté par un large rectangle grisé (comme de l'AM sans signal modulant)

Q 6 Référence : T11-4 Réponse : A
Filtre anti-harmonique ou filtre en PI

Q 7 Référence : T9-5 Réponse : D
 $L(m) = 150/2/F(\text{MHz}) \Rightarrow F(\text{MHz}) = 75/5/L(m) = 15 \text{ MHz}$
Attention, cette question peut aussi être posée à l'examen de réglementation

Q 8 Référence : T3-4 Réponse : B
 $R = (U_T/I_g) - (U_g/I_g)$
 $= (10 \text{ V} / 100 \mu\text{A}) - (10 \text{ mV} / 100 \mu\text{A})$
 $= (10 / 0,0001) - (0,01/0,0001)$
 $= 100000 - 100 = 99.900 \Omega = 99,9 \text{ k}\Omega$

ou, plus empirique : en faisant abstraction de la résistance interne du galvanomètre, la résistance mesurera $100 \text{ k}\Omega$ ($R = U/I = 10 / 0,0001 = 100 \text{ 000}$) desquels il faut déduire la résistance interne du galvanomètre (généralement petite par rapport à la résistance série). La réponse $99,9 \text{ k}\Omega$ impliquerait que la valeur de la résistance interne du galvanomètre est de 100Ω , ce qui est plausible. La réponse A implique que la résistance interne est nulle (ce qui est faux car il y a une tension aux bornes du galvanomètre). Les valeurs des réponses C et D sont 10 fois trop grandes.

Q 9 Référence : T4-1 Réponse : B
 $16 \text{ dB} \Rightarrow 4 \times 10 = 40$
Sur une calculatrice : $16 \text{ (dB)} \div 10 = 1,6 [10^x] = 39,81$ arrondi à 40
Ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (16 \text{ (dB)} \div 10) = 39,81$ arrondi à 40

Q 10 Référence : T2-3 Réponse : D
 $Z = 6,28 \times F \times L = 6,28 \times 250000 \times 0,000 \text{ 001} = 6,28 \times 0,25 = 1,57 \Omega$
Sur une calculatrice : $250.10^3 (F) \times 1.10^{-6} (L) = 250.10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 1,5708.10^0$ converti en 1,57
Formule simplifiée : $Z (\Omega) = 6,28 \times 0,25 (F \text{ en MHz}) \times 1 (L \text{ en } \mu\text{H}) = 1,57$

Troisième section

Examens blancs

Séries 33 à 41 : Réglementation

Séries 42 à 50 : Technique

Hors série : exercices en notation ingénieur

Série n°33

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

<p>Q 1 Quel est le gain du second étage ?</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p style="margin: 0;">15 W ———▶ 6 dB ———▶ Gain = ? ———▶ 150 W</p> </div> <p>A : 2,5 dB B : 4 dB C : 10 dB D : 1,67 dB</p>	<p>Q 2 Quand doit-on transmettre son indicatif d'appel ?</p> <p>A : de temps en temps B : au début d'un contact C : au début et à la fin de chaque transmission D : quand on veut</p>
<p>Q 3 Quelle est la puissance de dissipation maximum sur 144 MHz pour un radioamateur de classe 1 ?</p> <p>A : 100 W B : 250 W C : 10 W D : 120 W</p>	<p>Q 4 Quelle est la limite de la bande des 17 mètres ?</p> <p>A : 18 à 18,35 MHz B : 18,068 à 18,168 MHz C : 18,1 à 18,15 MHz D : 18 à 18,1 MHz</p>
<p>Q 5 Pour un émetteur de 30 watts, quelle est l'atténuation minimum des rayonnements non essentiels ?</p> <p>A : -50 dB B : -40 dB C : -60 dB D : -70 dB</p>	<p>Q 6 Quelle est la classe d'émission correspondant à : "Fac simulé ; Modulation d'amplitude avec emploi d'une sous porteuse modulante" ?</p> <p>A : C2A B : A2C C : A3C D : A2D</p>
<p>Q 7 Sur 144.575 kHz, quelle peut être l'erreur de lecture maximum ?</p> <p>A : 14,457 kHz B : +/- 7,5 kHz C : +/- 3 kHz D : 144,575 kHz</p>	<p>Q 8 Comment s'épelle TK5XO ?</p> <p>A : Tango Kilo 5 Xylophone Oscar B : Tango Kilo 5 X-Ray Ontario C : Tokyo Kilo 5 X-Ray Ontario D : Tango Kilo 5 X-Ray Oscar</p>
<p>Q 9 Que doit-on indiquer sur le carnet de trafic ?</p> <p>A : les reports des signaux des stations contactées B : la puissance utilisée par le correspondant C : les stations contactées par un opérateur occasionnel D : le prénom et le lieu d'émission de la station contactée</p>	<p>Q 10 Quelle est la longueur d'un brin d'un doublet demi-onde ?</p> <p>A : $\lambda / 2$ B : $\lambda \times 2$ C : $\lambda / 4$ D : λ</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ _____ 15/30

Réponses Série 33

Q 1 Référence : R5-1 Réponse : B

Le gain de l'ensemble des deux étages est de 10 dB (puissance multipliée par 10, correspondant à un gain de 10 dB)

Le premier étage a un gain de 6 dB. Le second étage fera le complément pour arriver aux 10 dB de l'ensemble, soit : $10 - 6 = 4$ dB.

Cette question est limite hors programme car la lecture d'un schéma n'est pas au programme de l'examen de classe 3. Ici, les triangles représentent des étages d'amplification.

Q 2 Référence : R3-3 Réponse : C

Q 3 Référence : R2-2 Réponse : D

Q 4 Référence : R2-1 Réponse : B

$F = 300 / \lambda \text{ (m)} = 300 / 17 = 17,6$: bande des 18 MHz, ce qui, dans le cas présent, ne nous apporte pas grand chose car toutes les réponses pourraient « coller »

Q 5 Référence : R1-3 Réponse : C

Atténuation de 60 dB au-delà de 25 W

Q 6 Référence : R1-2 Réponse : B

Modulation d'amplitude : A

Sous porteuse modulante : 2

Fac similé : C

Q 7 Référence : R1-3 Réponse : A

$144.575 / 10.000 = 14,4575$ kHz

Q 8 Référence : R3-1 Réponse : D

Q 9 Référence : R4-3 et R4-1 Réponse : C

Seule la puissance utilisée par la station (et non pas par le correspondant) est une mention obligatoire (si elle diffère de la puissance habituelle)

Q 10 Référence : R5-2 Réponse : C

Un doublet mesure $\lambda / 2$ et est constitué de deux brins de longueur identique, donc le brin mesure la moitié, soit $\lambda / 4$. Attention le caractère λ n'existe pas sur le Minitel, c'est le symbole L qui est employé.

Réponses Série 34

Q 1 Référence : R1-3 Réponse : B
si classe Novice alors moins de 25 W, donc : -50 dB

Q 2 Référence : R1-2 Réponse : C
AM : A
Téléphonie : 3E

Q 3 Référence : R2-1 Réponse : B

Q 4 Référence : R5-2 Réponse : C
Dans une antenne Yagi, les brins les plus courts sont directeurs, les brins les plus longs sont réflecteurs, le maximum de rayonnement est perpendiculaire à tous les brins (rayonnant ou parasites)
Attention à ce genre de questions qui peuvent être « hors programme ». Dans cet exemple, les affirmations sont bien au programme de l'examen de réglementation mais des questions qui porteraient, par exemple, sur le couplage des antennes Yagi me sembleraient « hors programme ».

Q 5 Référence : R2-2 Réponse : B. Les opérateurs de classe 2 ne peuvent pas émettre en CW auditive (A1A) sur les fréquences inférieures à 29,7 MHz

Q 6 Référence : R3-1 Réponse : A

Q 7 Référence : R5-1 Réponse : B
On sait que 6 dB signifie x4, donc $30 \text{ W} \times 4 = 120 \text{ W}$

Q 8 Référence : R4-6 Réponse : B

Q 9 Référence : R4-6 Réponse : C
Il n'y a que deux lettres au suffixe pour les DOM-TOM et la Corse. De plus, la première lettre du suffixe d'un club est K.

Q 10 Référence : R4-1 Réponse : D
On doit noter la puissance utilisée quand elle diffère de la puissance habituellement utilisée.

Réponses Série 35

Q 1 Référence : R1-2 Réponse : B
Modulation de phase : G
Téléphonie : 3E

Q 2 Référence : R1-3 Réponse : B
Classe 3 : seul le 144 MHz est autorisé, donc > 30 MHz ; G3E = PM = FM

Q 3 Référence : R1-3 Réponse : C

Q 4 Référence : R4-2 Réponse : D
Il est interdit d'émettre depuis un aéronef.

Q 5 Référence : R2-1 Réponse : D

Q 6 Référence : R5-2 Réponse : B

Q 7 Référence : R5-3 Réponse : B
L'impédance du câble n'a rien à voir avec la qualité (et donc sa perte linéique)
Attention à ce genre de questions qui peuvent porter sur des sujets « hors programme ». Dans cet exemple, l'affirmation C (calcul du ROS) est HORS PROGRAMME car seul le TOS (et son calcul) est clairement indiqué dans le texte du programme de l'examen de réglementation. Toutefois, les questions sur le ROS sont simples (comme ici) et permettent d'« engranger » quelques points...

Q 8 Référence : R1-3 Réponse : D
L'indicateur de puissance relative (« wattmètre ») est obligatoire mais pas l'indicateur de tension relative.

Q 9 Référence : R4-6 Réponse : B
Martinique = FM, classe 1 = 5 (en Corse et DOM-TOM)

Q 10 Référence : R3-1 Réponse : B
Remarquez l'orthographe anglaise de Juliett.

Série n°36

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

<p>Q 1 La série des indicatifs F5VAA :</p> <p>A : est réservée aux stations expérimentales B : est réservée aux satellites C : sera utilisé après épuisement des F1XXX D : est réservée aux radioamateurs étrangers installés plus de trois mois en France</p>	<p>Q 2 L'article S1-56 du RR :</p> <p>A : définit le service amateur B : indique que l'indicatif est attribué par l'administration de chaque pays membre de l'UIT C : définit dans quelles mesures les radioamateurs peuvent aider les administrations en cas de catastrophes. D : préconise un programme pour les examens</p>
<p>Q 3 En classe J3E :</p> <p>A : il est nécessaire de posséder un générateur BF 2 tons B : il est interdit d'émettre à moins de 15 kHz d'une limite de bande C : la bande occupée ne doit pas dépasser 7,5 kHz D : la porteuse doit être réduite à -50 dB</p>	<p>Q 4 Quelle est la bande partagée à égalité de droits ?</p> <p>A : 7 à 7,1 MHz B : 10,1 à 10,15 MHz C : 3,5 à 3,8 MHz D : 28 à 29,7 MHz</p>
<p>Q 5 Le préfixe FX correspond à un :</p> <p>A : relais numérique B : une balise C : un satellite D : un indicatif spécial de courte durée</p>	<p>Q 6 Pour une fréquence de 14 MHz, quelle doit être la stabilité de l'émetteur ?</p> <p>A : 1,4 kHz B : 1 kHz C : 280 Hz D : 700 Hz</p>
<p>Q 7 L'indicatif F5KEB est attribué à :</p> <p>A : un relais analogique B : u relais numérique C : un radio-club D : une balise</p>	<p>Q 8 Un radioamateur dont l'indicatif est FY5XY ?</p> <p>A : est originaire de Saint Martin B : est titulaire d'une autorisation d'émettre de classe 2 C : est un radio-club D : est originaire de la Guyane</p>
<p>Q 9 Que doit-on noter sur le carnet de trafic ?</p> <p>A : les signaux de réception de son correspondant B : les contacts établis à partir d'une autre station C : le prénom du correspondant D : la puissance de l'émetteur du correspondant</p>	<p>Q 10 Quelle est la teneur des conversations autorisée ?</p> <p>A : Radioguidage sur relais B : Radioguidage sur relais pour une exposition C : Numéro de téléphone d'un magasin D : Prix du matériel dans un magasin</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ 15/30

Réponses Série 36

Q 1 Référence : R4-6 Réponse : D

Q 2 Référence : R1-1 Réponse : A
Réponse B : c'est dans l'article S25 et non pas dans le S1-56
Réponse C : c'est dans la résolution 644
Réponse D : c'est la TR 61/02 de la CEPT (recommandation HAREC)

Q 3 Référence : R1-3 Réponse : A
J3E = BLU (voir R1-1)

Q 4 Référence : R2-1 Réponse : C

Q 5 Référence : R4-6 Réponse : C

Q 6 Référence : R1-3 Réponse : D
 $14 \text{ MHz} = 14.000.000 \text{ Hz}$; Stabilité = $1/20\ 000$; $14.000.000 / 20.000 = 700$
Ne pas confondre stabilité des oscillateurs et précision de la fréquence affichée.
Question limite hors programme car elle nécessite la maîtrise de la transformation en multiples et sous-multiples, ce qui n'est pas exigé pour passer l'examen de Réglementation (mais qui est au programme de Technique)

Q 7 Référence : R4-6 Réponse : C

Q 8 Référence : R4-6 Réponse : D
Saint Martin : FS
Classe 2 : chiffre 3 en troisième position
Radio-Club : première lettre du suffixe = K

Q 9 Référence : R4-1 Réponse : B
Contacts à reporter dans le cas d'opérateur occasionnel

Q 10 Référence : R3-4 Réponse : B
Cas de radioguidage : interdit sur relais sauf pour guider l'accès à une exposition radioamateur

Série n°37

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

<p>Q 1 Quel est l'équipement non obligatoire d'une station ?</p> <p>A : la filtrage de l'alimentation B : le générateur 2 tons pour la BLU C : un fréquencemètre D : une antenne fictive (charge non rayonnante)</p>	<p>Q 2 L'indicatif d'appel F6VFZ est attribué à :</p> <p>A : un radio-club B : un relais C : un étranger installé en France pendant plus de trois mois D : une balise</p>
<p>Q 3 A quel niveau les rayonnements non essentiels doivent-ils être réduits pour 30 W d'émission ?</p> <p>A : -50 dB B : -60 dB C : -70 dB D : -40 dB</p>	<p>Q 4 Pour être responsable d'un radio-club, il faut :</p> <p>A : avoir un casier judiciaire vierge B : être titulaire d'un certificat d'opérateur de classe 1 C : avoir un diplôme d'électronique D : avoir son certificat d'opérateur depuis plus d'un an</p>
<p>Q 5 Quelles sont les limites de la bande autorisée aux radioamateurs de classe 3 ?</p> <p>A : 144 à 146 MHz B : 144 à 145,6 MHz C : 144,3 à 144,7 MHz D : 144 à 146 et 430 à 440 MHz</p>	<p>Q 6 Quelle est la puissance de dissipation maximale pour un radioamateur de classe 1 sur 144 MHz?</p> <p>A : 500 W B : 250 W C : 120 W D : 10 W</p>
<p>Q 7 Un indicatif d'appel ayant TM en préfixe est valable :</p> <p>A : 15 jours B : 3 mois C : 1 an D : sans limite de durée</p>	<p>Q 8 Pour quelle classe d'émission un générateur 2 tons n'est-il pas obligatoire dans la station ?</p> <p>A : R3E B : A2A C : J7B D : J3E</p>
<p>Q 9 Un radioamateur dont l'indicatif est FJ5VY</p> <p>A : est originaire de Jersey B : est originaire de Saint Barthélemy C : ne peut exister car FJ n'est pas attribué D : est un radioamateur étranger avec une autorisation d'émettre temporaire</p>	<p>Q 10 Une station émettant sur 28,500 MHz en mode A1A peut être manœuvrée par :</p> <p>A : n'importe quel radioamateur étranger B : un radioamateur français titulaire d'une autorisation d'émettre de classe 1 C : un radioamateur français titulaire d'une autorisation d'émettre de classe 2 D : un opérateur occasionnel pour contacter sa propre station</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ 15/30

Réponses Série 37

Q 1 Référence : R1-3 Réponse : C

Le fréquencemètre n'est pas obligatoire mais on devra veiller à la stabilité des émetteurs et à la précision de leur affichage.

Q 2 Référence : R4-6 Réponse : C

En France continentale, première du suffixe : Z pour Relais ou balise : K pour un radio-club

Q 3 Référence : R1-3 Réponse : B

moins de 25 W : -50 dB ; plus de 25 W : -60 dB

Q 4 Référence : R4-3 Réponse : B

Q 5 Référence : R2-1 Réponse : A

Classe 3 = Novice, donc bande des 2 mètres uniquement

Q 6 Référence : R2-2 Réponse : C

Q 7 Référence : R4-6 Réponse : B

TM est le préfixe pour la France continentale des indicatifs spéciaux

Q 8 Référence : R1-3 Réponse : B

La possession d'un générateur 2 tons est obligatoire pour toutes stations opérant en BLU (classe d'émission commençant par J ou R)

Q 9 Référence : R4-6 Réponse : B

FJ est attribué à St Barthélemy.

Affirmation D : la première lettre du groupe final (V dans notre exemple) n'a aucune signification pour les indicatifs hors France Continentale (sauf la lettre K attribuée aux radio clubs).

Q 10 Référence : R4-3 Réponse : B

Un opérateur titulaire d'une autorisation d'émettre de classe 2 ne peut pas utiliser une station en mode A1A (CW) en dessous de 30 MHz.

Série n°38

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

<p>Q 1</p> <p>Sur 14 MHz, quelle doit être la précision de l'affichage de la fréquence d'un émetteur ?</p> <p>A : +/- 5 kHz B : +/- 1kHz C : +/- 2,5 kHz D : +/- 14 kHz</p>	<p>Q 2</p> <p>Sur 28 MHz, quelle est la bande occupée en FM ?</p> <p>A : +/- 7,5 kHz B : +/- 3 kHz C : +/- 15 kHz D : +/- 12,5 kHz</p>
<p>Q 3</p> <p>24.890 et 24.990 MHz correspondent à la limite haute et basse de la bande des :</p> <p>A : 10 m B : 12 m C : 15 m D : 17 m</p>	<p>Q 4</p> <p>De quoi traite l'article S1-56 du RR ?</p> <p>A : il définit l'utilisation des bandes radioamateur en cas de catastrophes B : il définit les conditions d'exploitation des services amateur C : il définit le service amateur D : il précise que le spectre hertzien constitue un élément du domaine public</p>
<p>Q 5</p> <p>Un émetteur délivre une puissance de 100 W. On constate une puissance réfléchie de 25 W. Quel TOS observe-t-on sur la ligne de transmission ?</p> <p>A : 10/1 B : 5% C : infini D : 10%</p>	<p>Q 6</p> <p>Quelle tension à ne pas dépasser peut être réinjectée au réseau EdF sur la bande des 80 m ?</p> <p>A : 5 mV B : 2 mV C : 1 mV D : 0,5 mV</p>
<p>Q 7</p> <p>Quelle est l'épellation correcte de F1JKN ?</p> <p>A : Fox-trot 1 Japon Kilo Nancy B : Fox-trot 1 Juliette Kilo Novembre C : Fox-trot 1 Juliett Kilo November D : France 1 Juliett Kilowatt November</p>	<p>Q 8</p> <p>Quelle est la teneur des conversations interdites ?</p> <p>A : Programme informatique B : Astrologie C : Réglementation radioamateur D : Radioguidage pour une exposition radio</p>
<p>Q 9</p> <p>Une antenne de 35 Ohms alimentée par un câble ? de 50 Ohms aura un ROS (valeur arrondie) de :</p> <p>A : 1,4:1 B : 0,7:1 C : 1:0,7 D : 1:1,4</p>	<p>Q 10</p> <p>Un radioamateur dont l'indicatif d'appel est FZ1XY</p> <p>A : a une autorisation d'émettre de classe 1 B : est originaire de Saint Martin C : a une autorisation d'émettre temporaire de classe 2 D : n'a pas un indicatif d'appel radioamateur</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ 15/30

Réponses Série 38

Q 1 Référence : R1-3 Réponse : B
au dessous de 30 MHz : +/- 1 kHz
au dessus de 30 MHz : +/- 1/10.000

Q 2 Référence : R1-3 Réponse : B
au dessous de 30 MHz : +/- 3 kHz
au dessus de 30 MHz : +/- 7,5 kHz

Q 3 Référence : R2-1 Réponse : B
 $L(m) = 300 / F(\text{MHz}) = 300 / 24,89 = 12,05$ (bande des 12 m)

Q 4 Référence : R1-1 Réponse : C
L'article S1 du RR donne la définition de toutes les terminologies du RR

Q 5 Référence : R5-3 Réponse : D
 $TOS = \sqrt{(\text{Puissance réfléchie} / \text{Puissance émise}) \times 100} = \sqrt{(25 / 100)} \times 100 = 0,25 \times 100 = 25\%$. Ce calcul nécessitant l'emploi d'une racine carrée est, à mon opinion, hors programme pour la classe 3

Q 6 Référence : R1-3 Réponse : C
Bande des 80 m = 3,5 MHz (compris entre 0,5 et 30 MHz)

Q 7 Référence : R3-1 Réponse : C
Remarquez l'orthographe anglaise de Juliett et November.

Q 8 Référence : R3-4 Réponse : B
Astronomie et pas astrologie

Q 9 Référence : R5-2 Réponse : A
 $ROS = \text{Impédance la plus grande} / \text{Impédance la plus petite} = 50/35 = 1,428$ arrondi à 1,4
QUESTION HORS PROGRAMME : seul le TOS est au programme (comme par exemple la question n°5). Malgré tout, il semblerait que ce genre de questions sur le ROS ait été posé lors d'examens de réglementation, c'est pourquoi la partie du cours de réglementation traitant de ce sujet a été éditée en italique. Toutefois, si la question est simple (comme ici), pourquoi ne pas « engranger » quelques points...

Q 10 Référence : R4-6 Réponse : D
le préfixe FZ n'est pas attribué

Série n°39

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

<p>Q 1 Quelle doit être la stabilité d'un émetteur sur 145 MHz ?</p> <p>A : +/- 2,5 kHz B : +/- 2,9 kHz C : +/- 14,5 kHz D : +/- 7,25 kHz</p>	<p>Q 2 L'opérateur d'une station de radio-club ;</p> <p>A : peut ne pas avoir de certificat d'opérateur B : doit avoir un certificat d'opérateur correspondant à la bande autorisée C : peut avoir un certificat d'opérateur ne correspondant pas à la bande utilisée D : peut ne pas avoir de certificat d'opérateur mais émettre sous la tutelle du responsable du radioclub</p>
<p>Q 3 A quel niveau les perturbations réinjectées dans le réseau EdF doivent-elles être réduites pour la fréquence de 300 kHz ?</p> <p>A : 2 mV B : 1 mV C : 10 mV D : 20 mV</p>	<p>Q 4 Une perturbation radioélectrique est dite conduite quand elle est propagée par :</p> <p>A : un conducteur électrique B : un champ électrique C : par le corps humain D : par un champ magnétique</p>
<p>Q 5 Quelle bande est-elle attribuée en exclusivité aux radioamateurs ?</p> <p>A : 80 m B : 40 m C : 30 m D : 70 cm</p>	<p>Q 6 Quelle est l'affirmation fautive ?</p> <p>A : en couplant deux antennes identiques, on obtient un gain supplémentaire de 3 dB. B : le réflecteur parabolique concentre les ondes vers le foyer C : A chaque nœud d'intensité correspond un lobe de rayonnement dans une antenne D : L'antenne Yagi est une antenne de type fermée</p>
<p>Q 7 Quelle est la puissance maximum autorisée sur 14 MHz aux opérateurs de classe 1 en classe d'émission A2A ?</p> <p>A : 250 W B : 0 W C : 500 W D : 120 W</p>	<p>Q 8 Quel est l'indicatif d'un radioamateur Corse de classe 1 ?</p> <p>A : FCE6XY B : TK5XY C : TK4XY D : FTK6XY</p>
<p>Q 9 En cas de fraude à l'examen, au bout de combien de temps le candidat peut-il à nouveau se présenter ?</p> <p>A : plus jamais B : 1 mois C : 1 an D : 3 ans</p>	<p>Q 10 L'indicatif d'appel FG5KN peut être attribué à :</p> <p>A : un radioamateur originaire de St Barthélemy B : un radio-club C : un radioamateur originaire de Mayotte D : un radioamateur originaire de Corse</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 39

Q 1 Référence : R1-3 Réponse : D

145 MHz = 145.000.000 Hz ; Stabilité = $1/20.000$; $145.000.000 / 20.000 = 7.250$ Hz = 7,25 kHz

Question limite hors programme car elle nécessite la maîtrise de la transformation en multiples et sous-multiples, ce qui n'est pas exigé pour passer l'examen de Réglementation (mais qui est au programme de Technique)

Q 2 Référence : R4-3 Réponse : B

L'opérateur d'un radio-club est considéré comme un opérateur occasionnel et est soumis aux mêmes contraintes

Q 3 Référence : R1-3 Réponse : A

Q 4 Référence : R5-4 Réponse : A

Q 5 Référence : R2-1 Réponse : B

Q 6 Référence : R5-2 Réponse : D

L'antenne Yagi a ses extrémités libres : c'est donc une antenne ouverte

Attention : ce type de question est HORS PROGRAMME car le gain de couplage des antennes n'est pas au programme de même que de connaître l'origine des lobes de rayonnement d'une antenne. Malgré tout, il semblerait que des questions portant sur ces thèmes ait été posées lors d'examen de réglementation.

Q 7 Référence : R3-2 Réponse : C

Q 8 Référence : R4-7 Réponse : B

Corse : TK

Classe 1 : chiffre 5 en troisième position

Q 9 Référence : R4-4 Réponse : C

Q 10 Référence : R4-7 Réponse : B

club = 1^{ère} lettre du suffixe : K

Série n°40

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

<p>Q 1 Le préfixe FR correspond à :</p> <p>A : Saint Martin B : Guyane C : Réunion D : Mayotte</p>	<p>Q 2 Une station "mobile" est :</p> <p>A : suivie du suffixe "/P" B : suivie du suffixe "/MM" C : utilisée dans n'importe quel véhicule D : interdite si elle est montée sur un avion</p>
<p>Q 3 Quelle est la classe d'émission ainsi définie : "Télégraphie auditive, modulation d'amplitude par tout ou rien sans emploi de sous-porteuse modulante"</p> <p>A : A2A B : F2A C : A1A D : F1E</p>	<p>Q 4 Un radioamateur français possédant une autorisation d'émettre de classe 1 utilisera lors de ces déplacements en Belgique un indicatif de type :</p> <p>A : OK/F8XYZ/P B : B/F8XYZ/P C : ON/F8XYZ/P B : OE/F8XYZ/P</p>
<p>Q 5 Quelle est la limite de la bande des 15 mètres ?</p> <p>A : 28.000 à 29.700 kHz B : 14.000 à 14.350 kHz C : 21.000 à 21.450 kHz D : 18.068 à 18.168 kHz</p>	<p>Q 6 Quelle est l'affirmation fausse ?</p> <p>A : En FM, l'émetteur se règle à l'aide d' un générateur BF 2 tons B : Il faut un filtre d'alimentation C : La bande occupée en FM est de +/- 3 kHz sur 28 MHz D : La stabilité de l'émetteur doit être meilleure que 1/20.000 pendant 10 mn après 30 mn de mise sous tension</p>
<p>Q 7 Quel est l'indicatif d'appel qui n'a pas d'équivalent CEPT ?</p> <p>A : F1XYZ B : F4XYZ C : F0XYZ D : F5XYZ</p>	<p>Q 8 La polarisation de l'onde rayonnée par une antenne est essentiellement due :</p> <p>A : à l'orientation du brin rayonnant de l'antenne B : au mode d'alimentation de l'antenne C : à la directivité de l'antenne D : au gain relatif de l'antenne</p>
<p>Q 9 Sur quelle bande le statut est-il secondaire ?</p> <p>A : 80 m B : 15 m C : 30 m D : 10 m</p>	<p>Q 10 Quel est le gain d'une antenne dont la PAR est de 40 W alors que l'émetteur dispose de 10 W ?</p> <p>A : 4 db B : 40 dB C : 6 dB D : 400 dB</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ 15/30

Réponses Série 40

Q 1 Référence : R4-7 Réponse : C

Q 2 Référence : R4-2 Réponse : D

Réponse C : La carte de grise du véhicule doit être établie au nom de l'opérateur

Q 3 Référence : R1-2 Réponse : C

Modulation d'amplitude : A

Par tout ou rien sans emploi de sous porteuse modulante : 1

Télégraphie auditive : A

Q 4 Référence : R4-6 Réponse : C

L'indicatif de la Belgique est ON (B : Chine, OK : République Tchèque, OE : Autriche)

Q 5 Référence : R2-1 Réponse : C

$F = 300 / \lambda(m) = 300 / 15 = 20$ MHz, bande de 21 MHz

Q 6 Référence : R1-3 Réponse : A

C'est en BLU qu'il faut un générateur 2 tons

Q 7 Référence : R4-5 Réponse : C

La classe 3 (F0) n'a pas d'équivalent CEPT

Q 8 Référence : R5-2 Réponse : A

Question limite hors programme : les connaissances sur les antennes ne sont pas aussi pointues, ces questions devraient plutôt figurer dans un examen de Technique.

Q 9 Référence : R2-1 Réponse : C

10 et 15 m : exclusivité ; 80 m : égalité de droits

Q 10 Référence : R5-1 Réponse : C

Rapport = $40 \text{ W} / 10 \text{ W} = 4$; $4 \Rightarrow 6$ dB

Série n°41

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

<p>Q 1 A quoi correspond la classe d'émission "Téléphonie, Modulation de fréquence" ?</p> <p>A : G3E B : E3G C : F3E D : F3G</p>	<p>Q 2 Quelle doit être l'excursion FM sur 433.990 kHz ?</p> <p>A : +/- 2,5 kHz B : +/- 3 kHz C : +/- 7,5 kHz D : +/- 12,5 kHz</p>
<p>Q 3 En mode A3E, pour un radioamateur ayant une autorisation d'émettre de classe 1, il est interdit d'émettre sur :</p> <p>A : 14.000 kHz B : 14.340 kHz C : 29.500 kHz D : 3.750 kHz</p>	<p>Q 4 La recommandation TR61/02 :</p> <p>A : est un texte de l'UIT B : préconise un programme d'examen commun à tous les membres de la CEPT C : prévoit la libre circulation des radioamateurs dans les pays de la CEPT D : est un article du Code de l'Urbanisme</p>
<p>Q 5 Quelle est l'affirmation fautive ?</p> <p>A : l'article L33-3 du code des P&CE définit 3 catégories de réseaux indépendants B : notre administration de tutelle se nomme la DGRE C : la décision ART 97-452 traite de l'attribution des fréquences aux radioamateurs D : L'article L.41-1 du code des P&CE indique que l'utilisation de fréquences radioélectriques (...) est soumise à autorisation administrative</p>	<p>Q 6 Un radioamateur ayant un indicatif de type EA/F5XYZ/P</p> <p>A : est un radioamateur suisse B : est un radioamateur français émettant en Estonie C : est un radioamateur français émettant en Espagne D : est radioamateur espagnol émettant en France</p>
<p>Q 7 Quelle est la puissance crête 2 signaux maximale autorisée aux "Novices" sur 144 MHz ?</p> <p>A : 10 W B : 20 W C : 30 W D : 100 W</p>	<p>Q 8 Si le candidat a un taux d'incapacité permanente de plus de 70%, le temps de l'examen :</p> <p>A : reste le même B : est allongé de 50% C : est doublé D : est triplé</p>
<p>Q 9 Le préfixe FM est attribué à :</p> <p>A : la Guadeloupe B : Mayotte C : la Martinique D : le Maroc</p>	<p>Q 10 On peut utiliser le suffixe "/M" :</p> <p>A : sur un bateau en mer B : dans un avion C : dans son propre véhicule D : lorsque l'on utilise une station transportable</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ ___ 15/30

Réponses Série 41

Q 1 Référence : R1-2 Réponse : C
Modulation de Fréquence : F
Téléphonie : 3E

Q 2 Référence : R1-3 Réponse : C
Au delà de 30MHz : +/- 7,5 kHz

Q 3 Référence : R1-3 Réponse : A
Il est interdit d'émettre en A3E sur 14.000 kHz car la bande passante utilisée en AM (=A3E) fait qu'une partie de l'émission serait hors bande (émission de 13.997 à 14.003 si la bande passante BF est de 3kHz). De plus, la réglementation précise qu'il faut tenir compte de la stabilité de l'émetteur et de la précision de l'affichage de la fréquence.

Q 4 Référence : R1-1 Réponse : B
réponse A : c'est un texte CEPT
réponse C : c'est la TR61/01

Q 5 Référence : R1-1 Réponse : B
La DGRE n'existe plus mais elle fut notre administration de tutelle dans les années 80. Elle est devenue la DGPT et a été regroupée au sein de la DiGITIP à la fin des années 90, elle-même regroupée au sein de la DGE en 2005.

Q 6 Référence : R4-6 Réponse : C
Réponse A : le préfixe de ce radioamateur est français (F)
Réponse B : Le préfixe de l'Estonie est ES et non pas EA

Q 7 Référence : R2-2 Réponse : A

Q 8 Référence : R4-5 Réponse : D
Si le candidat a un taux d'incapacité permanente (IPP) est 70% et plus, la durée de l'examen est multipliée par 3 et l'examen est adapté au handicap. Le candidat peut passer l'examen à son domicile.

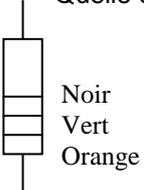
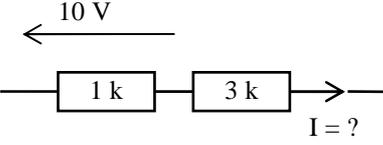
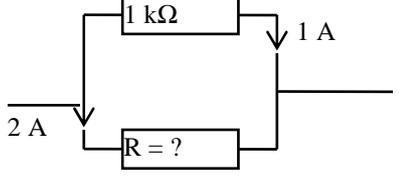
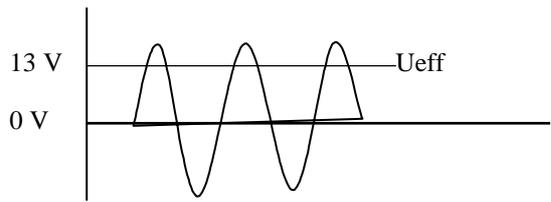
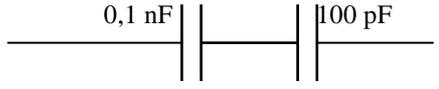
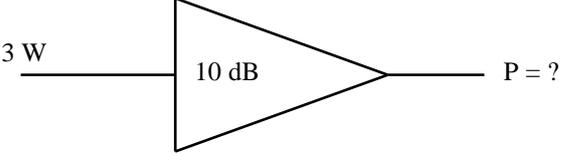
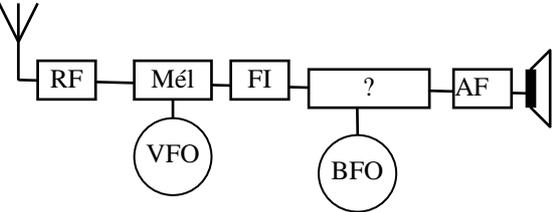
Q 9 Référence : R4-7 Réponse : C

Q 10 Référence : R4-2 Réponse : C
Réponse A : sur un navire en mer : suffixe MM et non pas M
Réponse B : interdit dans un aéronef
Réponse D : station transportable : suffixe P

Série n°42

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle est la valeur de la résistance ?</p>  <p>Noir Vert Orange</p> <p>A : 35 Ω B : 5k Ω C : 50 k D : 350 Ω</p>	<p>Q 2 Quelle est la formule vraie ?</p> <p>A : $R = U \times I$ B : $P = U / I$</p> <p>C : $I = U / R$ D : $P = U^2 \times R$</p>
<p>Q 3 Quelle est l'intensité ?</p>  <p>A : 10 mA B : 0,001A C : 0,1A D : 10 A</p>	<p>Q 4 Quelle est la valeur de la résistance ?</p>  <p>A : 500 Ω B : 2 kΩ C : 3 kΩ D : 666 Ω</p>
<p>5 Quelle est la valeur maximum ?</p>  <p>A : 18,4 V B : 36,8 V C : 9,2 V D : 23,5 V</p>	<p>Q 6 Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A : 50 pF B : 200 pF C : 111 pF D : 50 nF</p>
<p>Q 7 Quelle est la puissance de sortie ?</p>  <p>A : 10 W B : 30 W C : 300 W D : 1000 W</p>	<p>Q 8 Quelle est l'intensité du secondaire ?</p>  <p>A : 12 A B : 0,75 A C : 150 A D : 0,0833 A</p>
<p>Q 9 Quelle est la bande de fréquences dites "métriques" ?</p> <p>A : 3 à 30 MHz B : 30 à 300 MHz</p> <p>C : 300 MHz à 3 GHz D : 3 à 30 GHz</p>	<p>Q 10 Quel est le nom de l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Discriminateur B : Détection</p> <p>C : Détecteur de produit D : Modulation</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 42

Q 1 Référence : T1-5 Réponse : A
il faut lire les couleurs à l'envers (de bas en haut)
Orange : 3
Vert : 5 $\implies 35 \times 10^0 = 35 \times 1 = 35 \Omega$
Noir : 0

Q 2 Référence : T1-2 Réponse : C

Q 3 Référence : T1-2 Réponse : A
 $I = U/R = 10 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega = 10/1000 = 0,01 \text{ A} = 10 \text{ mA}$

Q 4 Référence : T1-7 Réponse : A
Soit R1, résistance du haut et R2 résistance du bas (à calculer)
Tension aux bornes de R1 = Tension aux bornes de R2 = $R \times I1 = 1000 \times 1 = 1000 \text{ V}$
 $R2 = U / I2 = 1000/2 = 500 \Omega$
ou, plus empirique : il passe deux fois plus de courant dans R2 que dans R1, R2 aura donc une valeur deux fois plus faible : $1000 / 2 = 500$

Q 5 Référence : T2-2 Réponse : A
 $U_{\max} = U_{\text{eff}} \times 1,414 = 13 \times 1,414 = 18,4 \text{ V}$

Q 6 Référence : T2-3 Réponse : A
 $0,1 \text{ nF} = 100 \text{ pF}$
deux condensateurs 100 pF en série $\implies 100 \text{ pF} / 2 = 50 \text{ pF}$

Q 7 Référence : T4-1 Réponse : B
10 dB
 $\left(\begin{array}{l} \text{1} \\ \text{x 10} \end{array} \right) \implies 1 \times 10 = 10 \quad 3 \text{ W} \times 10 = 30 \text{ W}$

Sur une calculette : $10 \text{ (dB)} \div 10 = 1 [10^x] = 10$
Ou, en écriture naturelle : $10^{(10 \text{ (dB)} \div 10)} = 10$
Sans calcul, on rappelle que 10 dB est un rapport à connaître pour l'examen de réglementation...

Q 8 Référence : T3-1 Réponse : A
puissance primaire = $200 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 600 \text{ VA}$; puissance secondaire = 600 VA
 $I_s = P / U_s = 600 / 50 = 12 \text{ A}$

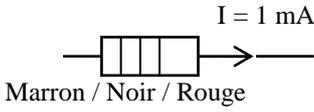
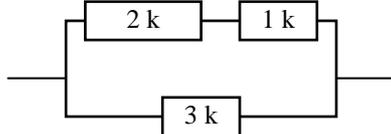
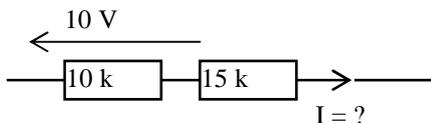
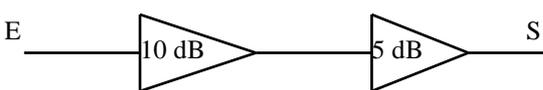
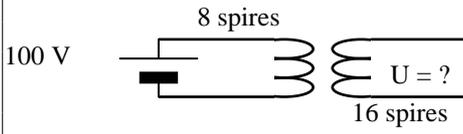
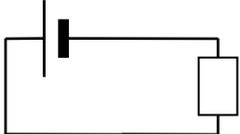
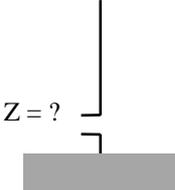
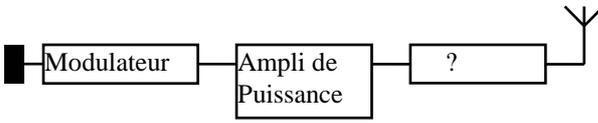
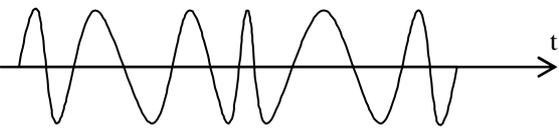
Q 9 Référence : T9-2 Réponse : B
Bande métrique : de 1 à 10 m donc de 300/1 à 300/10 MHz donc de 300 à 30 MHz

Q 10 Référence : T12-2 Réponse : C
BFO \implies Détecteur de produit (et BLU ou CW)

Série n°43

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle la tension aux bornes de la résistance ?</p>  <p>Marron / Noir / Rouge</p> <p>A : 1 V B : 10 V C : 0,1 V D : 0,5 V</p>	<p>Q 2 Quelle est la résistance équivalente ?</p>  <p>A : 6 kΩ B : 1,5 kΩ C : 3 kΩ D : 1 kΩ</p>
<p>Q 3 Quelle est l'intensité ?</p>  <p>A : 5 mA B : 4 mA C : 1 mA D : 1A</p>	<p>Q 4 Quelle est la pulsation d'un signal de 1 MHz ?</p> <p>A : 6.280 rad/s B : 6.280.000 rad/s C : 1.000.000 rad/s D : 1.414.000 rad/s</p>
<p>Q 5 Quel est le gain total de ces deux amplis ?</p>  <p>A : 50 dB B : 15 dB C : 31 dB D : 5 dB</p>	<p>Q 6</p>  <p>A : 200 V B : 50 V C : 0 V D : 100 V</p>
<p>Q 7 Quelle est la capacité de la pile si elle fonctionne pendant 5 heures ?</p>  <p>A : 5 Ah B : 500 Ah C : 3.600 C D : 1.800 C</p>	<p>Q 8 Quelle est l'impédance de ce quart d'onde ?</p>  <p>A : 36 Ω B : 50 Ω C : 52 Ω D : 73 Ω</p>
<p>9 Comment s'appelle l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Fréquence Intermédiaire C : Mélangeur B : Filtre anti-harmonique D : Oscillateur</p>	<p>Q 10 Quel est le type de modulation ?</p>  <p>A : J3E B : A1A C : A3E D : F3E</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 43

Q 1 Référence : T1-5 et T1-2 Réponse : A

Marron : 1

Noir : 0 $\implies 10 \times 10^2 = 10 \times 100 = 1000 \Omega$

Rouge : 2

$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$; $U = R \times I = 1000 \times 0,001 = 1 \text{ V}$

Q 2 Référence : T1-7 Réponse : B

$2 \text{ k} + 1 \text{ k} = 3 \text{ k}$

3 k et 3 k en parallèle $\implies 3\text{k} / 2 = 1,5 \text{ k}\Omega$

Q 3 Référence : T1-2 Réponse : C

$I = U / R = 10 \text{ V} / 10 \text{ k}\Omega = 10/10000 = 0,001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$

Q 4 Référence : T2-1 Réponse : B

$\omega = 2 \times \pi \times F(\text{Hz}) = 2 \times 3,14 \times 1.000.000 = 6.280.000 \text{ rad/s}$

sur une calculette : $1.10^6 (F) \times 2 \times [\pi] = 6,2832.10^6$ converti en $6.283.200 \text{ rad/s}$ arrondi à $6.280.000 \text{ rad/s}$

Q 5 Référence : T4-1 Réponse : B

les gains s'additionnent lorsqu'ils sont calculés en dB

$10 + 5 = 15 \text{ dB}$

Q 6 Référence : T3-1 Réponse : C

le transformateur ne transforme que des courants alternatifs, la pile génère du courant continu, il n'y a donc pas de tension au secondaire.

Q 7 Référence : T3-3 Réponse : D

100 mA pendant 5 heures $\implies 500 \text{ mAh} = 0,5 \text{ Ah} \times 3600 = 1.800 \text{ C}$

Q 8 Référence : T9-5 Réponse : A

Q 9 Référence : T11-5 Réponse : B

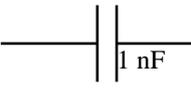
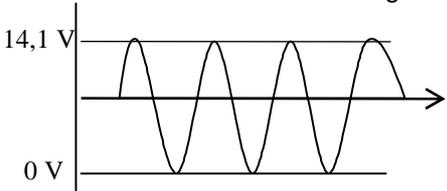
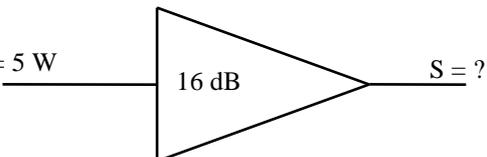
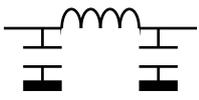
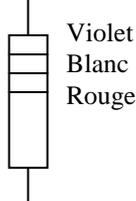
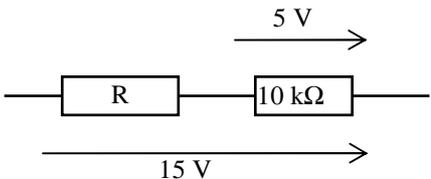
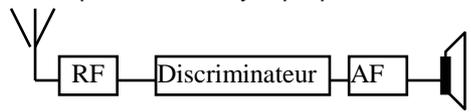
Q 10 Référence : T12-1 Réponse : D

Amplitude constante et variation de fréquence $\implies \text{FM} \implies \text{F3E}$ (ou G3E)

Série n°44

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle est l'impédance du condensateur ? F = 15 MHz</p>  <p>A : 10,6 Ω B : 94,2 Ω C : 15 Ω D : 2,4 k Ω</p>	<p>Q 2 Quelle est la valeur efficace de ce signal ?</p>  <p>A : 10 V B : 5 V C : 7,07 V D : 20 V</p>
<p>Q 3 Quelle est la formule fausse ?</p> <p>A : $U = R \times I$ C : $P = R \times U^2$ B : $I = \sqrt{(P / R)}$ D : $I = U / R$</p>	<p>Q 4</p>  <p>A : 200 W B : 80 W C : 40 W D : 16 W</p>
<p>Q 5 Comment s'appelle ce filtre ?</p>  <p>A : filtre bouchon B : filtre en Pi C : filtre série D : filtre passe-bande</p>	<p>Q 6 Quelle est la valeur de la résistance ?</p>  <p>A : 7,9 k Ω B : 792 Ω C : 5,9 Ω D : 590 Ω</p>
<p>Q 7 Quelle est la valeur de R ?</p>  <p>A : 30 k Ω B : 20 k Ω C : 10 k Ω D : 5 k Ω</p>	<p>Q 8 Quelle est l'intensité au secondaire</p>  <p>A : 250 mA B : 500 mA C : 8 A D : 800 mA</p>
<p>Q 9 Comment se nomment les ondes de la gamme de fréquence de 30 à 300 MHz ?</p> <p>A : décamétriques B : hectométriques C : métriques D : décimétriques</p>	<p>Q 10 Que représente ce synoptique ?</p>  <p>A : Emetteur FM B : récepteur FM sans conversion C : récepteur AM sans conversion D : récepteur hétérodyne</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 44

Q 1 Référence : T2-3 Réponse : A

$$Z = 159 / (F(\text{MHz}) \times C(\text{nF})) = 159 / (15 \times 1) = 159 / 15 = 10,6 \Omega$$

sur une calculette : $15 \cdot 10^6 (F) \times 1 \cdot 10^{-9} (C) = 15 \cdot 10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 94,248 \cdot 10^{-3} [1/x] = 10,610 \cdot 10^0$ soit 10,6

formule simplifiée : $Z (\Omega) = 159 \div 15 (F \text{ en MHz}) \div 1 (C \text{ en nF}) = 10,6$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times 15 \cdot 10^6 (F) \times 1 \cdot 10^{-9} (C)) = 10,610 \cdot 10^0$ soit 10,6

Q 2 Référence : T2-2 Réponse : B

$$U \text{ crête à crête} = 14,1 \text{ V} \Rightarrow U_{\text{max}} = U_{\text{càc}} / 2 = 14,1 / 2 = 7,05 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} \times 0,707 = 7,05 \times 0,707 = 5 \text{ V}$$

Q 3 Référence : T1-2 Réponse : C

la vraie formule est $P = U^2 / R$ ou $P = R \times I^2$

Q 4 Référence : T4-1 Réponse : A

16 dB

4 $\Rightarrow 4 \times 10 = 40$; $E = 5 \text{ W} \times 40 = 200 \text{ W}$

x 10

sur une calculette : $16 (dB) \div 10 = 1,6 [10^x] = 39,81 \times 5 (P) = 199,5$ arrondi à 200

ou, en écriture naturelle : $5(P) \times (10 \wedge (16 (dB) \div 10)) = 199,5$ arrondi à 200

Q 5 Référence : T4-5 Réponse : B

Q 6 Référence : T1-5 Réponse : A

violet = 7

$$\text{blanc} = 9 \Rightarrow 79 \times 10^2 = 7900 = 7,9 \text{ k}\Omega$$

rouge = 2

Q 7 Référence : T1-2 et T1-5 Réponse : B

$$I = 5 \text{ V} / 10 \text{ k}\Omega = 0,0005 \text{ A}$$

$$R = U/I = (15 - 5) / 0,0005 = 10 / 0,0005 = 20.000 = 20 \text{ k}\Omega$$

Ou, plus empirique : la tension aux bornes de R est le double de celle aux bornes de la résistance de 10 kΩ (15 V - 5 V = 10 V). La valeur de R sera donc le double de 10 kΩ, soit 20 kΩ.

Q 8 Référence : T3-1 Réponse : C

$$N = U_s / U_p = 50 / 200 = 1/4$$

$$I_s = I_p / N = 2 \text{ A} / (1/4) = 2 \times 4 = 8 \text{ A}$$

Q 9 Référence : T9-2 Réponse : C

30 à 300 MHz donc de 300/30 à 300/300 mètres, donc de 1 à 10 m, donc métriques

Q 10 Référence : T11-1 et T12-2 Réponse : B

Antenne à gauche + haut parleur = récepteur

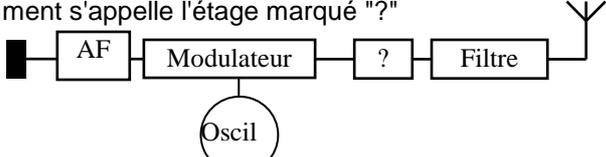
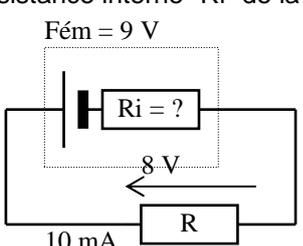
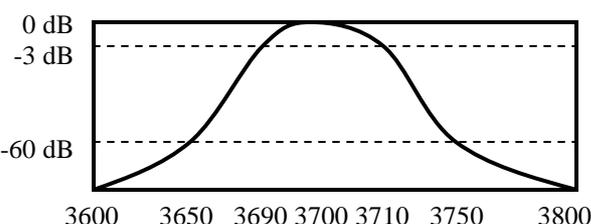
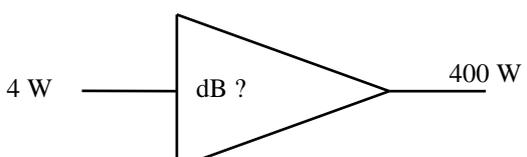
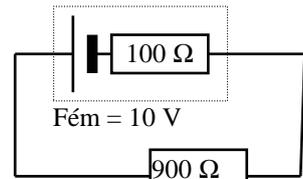
Discriminateur = FM

pas de FI = récepteur sans conversion

Série n°45

Thème : Technique

Temps : 7 minutes

<p>Q 1 Comment s'appelle l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Amplificateur de puissance B : Ampli AF C : Mélangeur D : FI</p>	<p>Q 2 Comment s'appelle un étage démodulateur de classe G3E ?</p> <p>A : Détection B : Détecteur de produit C : Discriminateur D : Mélangeur</p>
<p>Q 3 Quelle est la résistance interne "Ri" de la pile ?</p> <p>A : 100 Ω B : 1 kΩ C : 80 Ω D : 1,125 Ω</p> 	<p>Q 4 Quelle est la formule exacte ?</p> <p>A : $P = U^2 / R$ B : $U = R / I$ C : $U = \sqrt{(P / R)}$ D : $R = \rho \times L \times s$</p>
<p>Q 5 Quel est le facteur de sélectivité de ce filtre ?</p>  <p>A : 5 B : 10 C : 20 D : 100</p>	<p>Q 6</p>  <p>A : 60 dB B : 26 dB C : 20 dB D : 10 dB</p>
<p>Q 7 Quel est le calibre de ce Voltmètre ?</p> <p>$I_{max} = 1 \text{ mA}$ $r_i = 1000 \Omega$</p>  <p>A : 1 V B : 100 V C : 1000 V D : 100 mV</p>	<p>Q 8 Combien de temps fonctionne la pile sachant que sa capacité est de 6 Ah ?</p>  <p>A : 6 heures B : 600 h C : 0,1 h D : 0,06 h</p>
<p>Q 9 A l'extrémité du brin d'une antenne quart d'onde, on a :</p> <p>A : U maximum et I minimum B : U = 0 et I = 0 C : I maximum et U = 0 D : U et I maximum</p>	<p>Q 10 Quelle est l'intensité au secondaire de ce transformateur ?</p>  <p>A : 1 A B : 25 A C : 10 A D : 2,5A</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 45

Q 1 Référence : T11-5 Réponse : A

Q 2 Référence : T12-2 Réponse : C

Q 3 Référence : T3-3 Réponse : A

$$R=U/I \Rightarrow Ri = (E-U)/I = (9-8)/0,01 = 1/0,01 = 100 \Omega$$

Q 4 Référence : T1-2 et T1-7 Réponse : A

Q 5 Référence : T4-4 Réponse : A

Le facteur de sélectivité (ou facteur de forme) est le rapport de la bande passante du filtre à -60 dB par la bande passante à -3 dB. Dans le cas présent, la bande passante à -60 dB est de $100 (= 3750 - 3650)$ et la bande passante à -3 dB est de $20 (= 3710 - 3690)$. Le facteur de sélectivité est donc de $5 (= 100 / 20)$. Ne pas confondre avec le taux de sélectivité (en %) qui est l'inverse, soit 20% dans cet exemple.

Q 6 Référence : T6-1 Réponse : C

$$\text{Rapport} = 400/4 = 100 \begin{array}{l} \diagdown \\ 2 \\ \diagup \\ 0 \end{array} \Rightarrow 20 \text{ dB}$$

sur une calculette : $400 (PS) \div 4 (PE) = 100 [LOG] = 2 \times 10 = 20$

ou, en écriture naturelle : $10 [LOG] (400 (PS) \div 4 (PE)) = 20$

Q 7 Référence : T3-4 Réponse : B

$$U = R \times I = (99.000 + 1.000) \times 1 \text{ mA} \\ = 100.000 \times 0,001 = 100 \text{ V}$$

Q 8 Référence : T3-3 Réponse : B

$$I = U / R = 10/1000 = 0,01 \text{ A}$$

$$\text{temps} = 6 \text{ Ah} / 0,01 \text{ A} = 600 \text{ heures}$$

Q 9 Référence : T9-4 Réponse : A

A l'extrémité du brin rayonnant d'une antenne ouverte (comme le quart d'onde), on a une intensité nulle et une tension maximum

Q 10 Référence : T3-1 Réponse : B

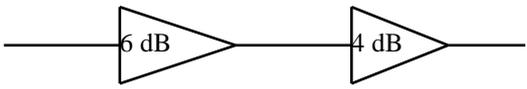
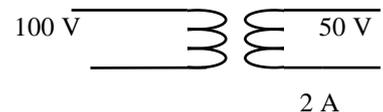
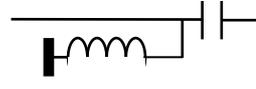
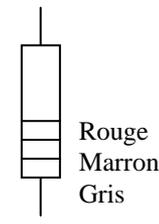
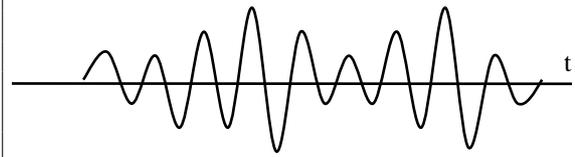
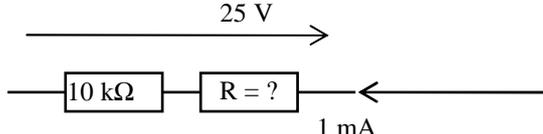
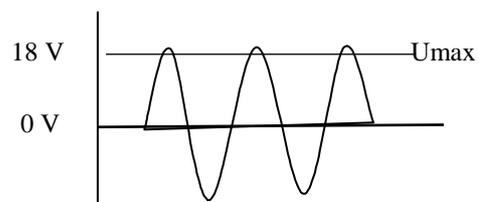
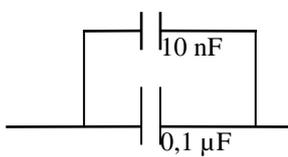
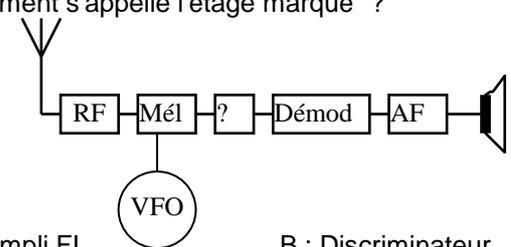
$$N = Us/Up = 100/500 = 0,2$$

$$Is = Ip/N = Ip / 0,2 = 5/0,2 = 25 \text{ A}$$

Série n°46

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quel est le gain total ?</p>  <p>A : 10 dB B : 24 dB C : 20 dB D : 18 dB</p>	<p>Q 2 Quelle est la puissance du transformateur ?</p>  <p>A : 50 VA B : 400 VA C : 100 VA D : 25 VA</p>
<p>Q 3 Quel est ce filtre ?</p>  <p>A : Bouchon B : Passe haut C : Passe bas D : Filtre série</p>	<p>Q 4 Quelle est la valeur de cette résistance ?</p>  <p>A : 81 kΩ B : 8,1 kΩ C : 812 Ω D : 9100 Ω</p>
<p>Q 5 Comment s'appellent les ondes de fréquence 150 MHz ?</p> <p>A : Décamétriques B : Métriques C : Décimétriques D : Kilométriques</p>	<p>Q 6 Quelle est la classe de cette modulation ?</p>  <p>A : J3E B : F3E C : R3E D : A3E</p>
<p>Q 7</p>  <p>A : 25 kΩ B : 10 Ω C : 10 kΩ D : 15 kΩ</p>	<p>Q 8 Quelle est la valeur efficace ?</p>  <p>A : 36 V B : 12,7 V C : 25,5 V D : 18 V</p>
<p>Q 9 Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A : 10,1 nF B : 110 pF C : 110 nF D : 0,101 μF</p>	<p>Q 10 Comment s'appelle l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Ampli FI B : Discriminateur C : Filtre à quartz D : Modulateur</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 46

Q 1 Référence : T4-1 Réponse : A
 $6 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = 10 \text{ dB}$; les dB s'additionnent

Q 2 Référence : T3-1 Réponse : C
 $P_p = P_s = U_s \times I_s = 50\text{V} \times 2 \text{ A} = 100 \text{ VA}$

Q 3 Référence : T4-3 Réponse : B
Passe haut car le condensateur est en haut

Q 4 Référence : T1-5 Réponse : B
Gris 8
Marron 1 $\Rightarrow 81 \text{ } 00 = 8100 \Omega = 8,1 \text{ k}\Omega$
Rouge 2

Q 5 Référence : T9-2 Réponse : B
 $300 / 150 \text{ MHz} = 2 \text{ m} \Rightarrow$ métriques

Q 6 Référence : T12-1 Réponse : D
Attention à la représentation des modulations sur le minitel, beaucoup moins clair que dans cet exercice : la sinusoïde de la FM sera tracée avec des croix ou des étoiles. La FM peut aussi être représentée par un large rectangle grisé (comme de l'AM sans signal modulant)

Q 7 Référence : T1-7 Réponse : D
Résistance de l'ensemble : $R = U / I = 25 / 1 \text{ mA} = 25/0,001 = 25.000 = 25 \text{ k}\Omega$
Résistance à calculer : $R = 25 \text{ k}\Omega$ (ensemble) – $10 \text{ k}\Omega$ (connue) = $15 \text{ k}\Omega$

Q 8 Référence : T2-2 Réponse : B
 $U_{\text{max}} = 18 \text{ V} \Rightarrow U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} \times 0,707 = 18 \text{ V} \times 0,707 = 12,7 \text{ V}$

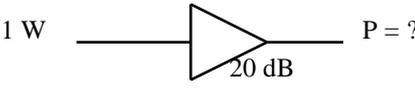
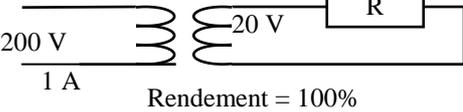
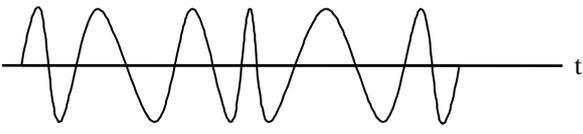
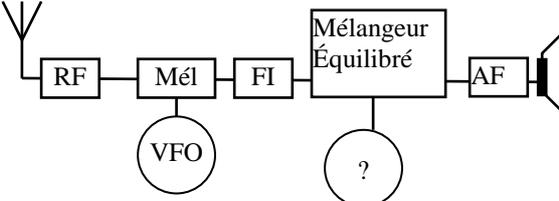
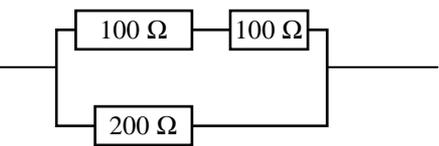
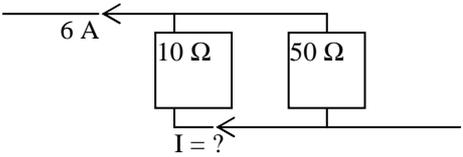
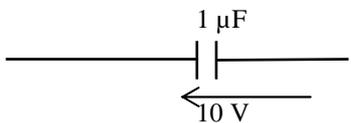
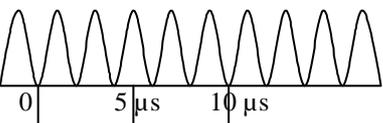
Q 9 Référence : T2-3 Réponse : C
 $0,1 \mu\text{F} = 100 \text{ nF}$
 $100 \text{ nF} + 10 \text{ nF} = 110 \text{ nF}$

Q 10 Référence : T11-2 Réponse : A

Série n°47

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle est la puissance de sortie ?</p>  <p>A : 20 W B : 100 W C : 21 W D : 16 W</p>	<p>Q 2 Quelle est la puissance dissipée par la résistance R ?</p>  <p>A : 20 W B : 400 W C : 80 W D : 200 W</p>
<p>Q 3 Comment s'appellent les ondes de 30 kHz à 300 kHz ?</p> <p>A : kilométriques B : myriamétriques C : métriques D : hectométriques</p>	<p>Q 4 Quelle est la formule fautive ?</p> <p>A : $U = P / I$ B : $R = P / I^2$ C : $P = U^2 \times R$ D : $U = \sqrt{P \times R}$</p>
<p>Q 5 Comment s'appelle cette classe d'émission ?</p>  <p>A : AM B : BLU C : CW D : FM</p>	<p>Q 6 Dans ce récepteur BLU, comment s'appelle l'étage " ? "</p>  <p>A : BFO B : Discriminateur C : Ampli HF D : FI</p>
<p>Q 7 R équivalente ?</p>  <p>A : 100 Ω B : 200 Ω C : 400 Ω D : 50 Ω</p>	<p>Q 8</p>  <p>A : 1 A B : 5 A C : 10 A D : 4 A</p>
<p>Q 9 Quelle est la quantité d'électricité dans le condensateur C ?</p>  <p>A : 10 μC B : 10 A C : 10 μA D : 0,1 C</p>	<p>Q 10 Fréquence de ce signal ?</p>  <p>A : 1 MHz B : 500 kHz C : 200 kHz D : 5 MHz</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 47

Q 1 Référence : T4-1 Réponse : B

$$\begin{array}{l} 20 \rightarrow \\ \searrow \\ 1 \\ \times 10^2 = \times 100 \end{array}) 1 \times 100 = 100 ; 100 \times 1 \text{ W} = 100 \text{ W}$$

sur une calculette : $20 \text{ (dB)} \div 10 = 2 [10^x] = 100 \times 1 \text{ (P)} = 100$

ou, en écriture naturelle : $10^{(20 \text{ (dB)} \div 10)} = 100$

Sans calcul, on rappelle que le rapport 20 dB est à connaître pour l'examen de réglementation

Q 2 Référence : T3-1 Réponse : D

$P_p = 200 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 200 \text{ VA} = 200 \text{ W}$; il y a transfert de la puissance au secondaire puisque le transformateur n'a pas de perte (rendement = 100%)

$P_s = P_p = 200 \text{ W}$

Q 3 Référence : T9-1 Réponse : A

De 30 à 300 kHz, donc de $300/0,03$ à $300/0,3$ mètres, donc de 10000 à 1000 mètres, donc kilométriques

Q 4 Référence : T1-2 Réponse : C

$$P = U^2/R$$

Q 5 Référence : T12-1 Réponse : D

Attention aux représentations des modulations sur le Minitel

Q 6 Référence : T12-2 Réponse : A

Q 7 Référence : T1-7 Réponse : A

$$100 + 100 = 200$$

$$200 / 2 = 100$$

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : B

$$I = I_t \times R_t / R = 6 \text{ A} \times ((10 \times 50)/(10 + 50))/10 = (6 \times 10 \times 50)/(60 \times 10) = 5 \text{ A}$$

Sur une calculette : calcul de RT : $1 \div (1 \div 10 \text{ (R1)} + 1 \div 50 \text{ (R2)}) = 8,33$

$$\text{Calcul de IR1 : } 6 \text{ (IT)} \times 8,33 \text{ (RT)} = 50 / 10 \text{ (R1)} = 5$$

Ou, plus empirique : R2 = résistance de 50 Ω et R1 = résistance de 10 Ω . Il passera 5 fois plus de courant dans R1 car R1 est cinq fois plus faible que R2. La répartition du courant sera donc : 1/6 dans R2 et 5/6 dans R1. $IR1 = 6 \times 5/6 = 5$

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : A

$$Q = C \times U = 1 \mu\text{F} \times 10 \text{ V} = 10 \mu\text{C}$$

Q 10 Référence : T2-1 Réponse : B

5 alternances en 5 μs (ou 5 périodes en 10 μs) => 1 période en 2 μs

$$F = 1/t = 1/2\mu\text{s} = 1/0,000002 = 500.000 = 500 \text{ kHz}$$

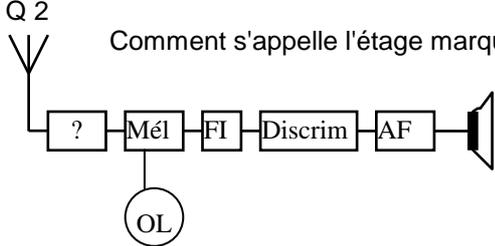
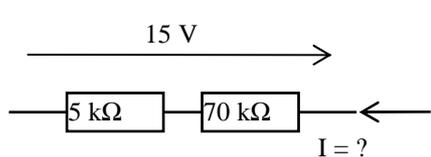
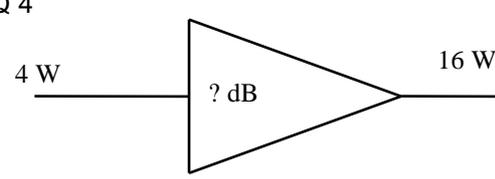
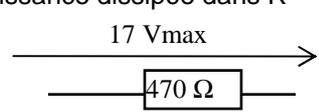
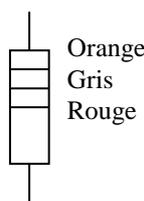
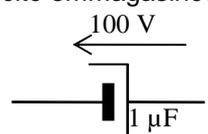
Sur une calculette : $2 \cdot 10^{-6} \text{ (t)} [1/x] = 500 \cdot 10^3 \text{ soit } 500 \text{ k}$

Ou, en écriture naturelle : $1 \div 2 \cdot 10^{-6} \text{ (t)} = 500 \cdot 10^3 \text{ soit } 500 \text{ k}$

Série n°48

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Dans une antenne Yagi : ?</p> <p>A : les éléments directeurs sont les plus longs</p> <p>B : le fait d'ajouter des éléments augmente l'impédance du brin rayonnant</p> <p>C : l'élément réflecteur est le plus long</p> <p>D : l'angle d'ouverture de l'antenne dépend de la longueur des éléments directeurs</p>	<p>Q 2 Comment s'appelle l'étage marqué "?"</p>  <p>A : Amplificateur RF B : Démodulateur C : Oscillateur de battement de fréquence D : Détection</p>
<p>Q 3</p>  <p>A : 2 mA B : 5 mA C : 200 μA D : 0,02 A</p>	<p>Q 4</p>  <p>Quel est le gain de l'amplificateur ?</p> <p>A : 4 dB B : 12 dB C : 6 dB D : 3 dB</p>
<p>Q 5 Un fil a une résistance connue. Quelle est la résistance du même fil qui a une longueur double ?</p> <p>A : x 2 B : x 4 C : / 2 D : / 4</p>	<p>Q 6 Quelle est la puissance dissipée dans R</p>  <p>A : 307 mW B : 25,6 mW C : 615 mW D : 712 mW</p>
<p>Q 7 Quelle est la valeur de la résistance ?</p> <p>A : 380 Ω B : 3,8 kΩ C : 3,6 kΩ D : 362 Ω</p> 	<p>Q 8 Quelle est la formule vraie ?</p> <p>A : $I = U^2 / R$ B : $P = I^2 / R$ C : $R = U / I$ D : $U = P \times I$</p>
<p>Q 9 Quelle est la quantité d'électricité emmagasinée ? dans le condensateur</p>  <p>A : 100 μC B : 0,0001 A C : 0,01 mC D : aucune car le condensateur explose</p>	<p>Q 10 Quelle est la longueur d'onde de la fréquence 14.025 kHz ?</p> <p>A : 21,39 m B : 10,16 m C : 5,35 m D : 20 m</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 48

Q 1 Référence : T9-6 Réponse : C

Q 2 Référence : T11-2 Réponse : A

Q 3 Référence : T1-7 Réponse : C

$$I = U/R = 15/(70000 + 5000) = 15/75000 = 0,0002 \text{ A} = 200 \mu\text{A}$$

Q 4 Référence : T4-1 Réponse : C

$$\text{Rapport} = 16/4 = 4 ; 4 \Rightarrow 6 \text{ dB}$$

*sur une calculatrice : $16(PS) \div 4 (PE) = 4 \div 10 = 0,4$ [LOG] = $0,602 \times 10 = 6,02$ arrondi à 6
ou, en écriture naturelle : 10 [LOG] ($16 (PS) \div 4 (PE)$) = $6,02$ arrondi à 6*

Q 5 Référence : T1-4 Réponse : A

$$R = \rho \times L / s ; \text{ si } L \times 2, \text{ alors } R \times 2$$

Q 6 Référence : T2-2 et T1-2 Réponse : A

$$U_{\text{eff}} = 17 \text{ V}_{\text{max}} \times 0,707 = 12,019 \text{ V}_{\text{eff}}$$

$$P = U^2/R = (12,019)^2/470 = 144,46/470 = 0,307 = 307 \text{ mV}$$

Q 7 Référence : T1-5 Réponse : B

Orange : 3)

$$\text{Gris : } 8 \Rightarrow 38 \times 10^2 = 3800 = 3,8 \text{ k}\Omega$$

Rouge : 2)

Q 8 Référence : T1-2 Réponse : C

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : A

$$Q = C \times U = 1 \mu\text{F} \times 100 \text{ V} = 100 \mu\text{C}$$

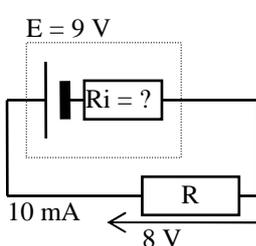
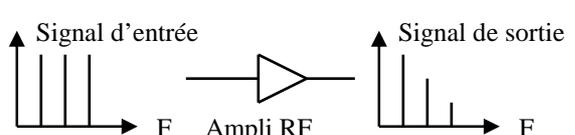
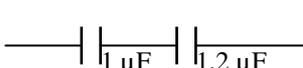
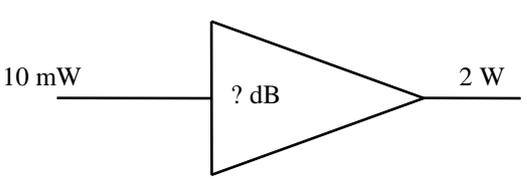
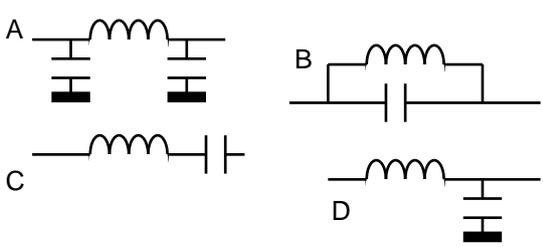
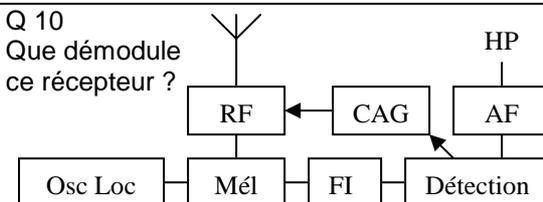
Q 10 Référence : T9-1 Réponse : A

$$L(\text{m}) = 300 / F(\text{MHz}) = 300/14,025 = 21,39 \text{ m}$$

Série n°49

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle est la résistance interne de la pile ?</p> <p>A : 10 Ω B : 800 Ω C : 100 Ω D : 80 Ω</p> 	<p>Q 2 Au centre d'un dipôle demi-onde, on a :</p> <p>A : $U = 0$ et $I = 0$ B : U max et I max C : U max et $I = 0$ D : $U = 0$ et I max</p>
<p>Q 3 De quelle distorsion est affecté le signal de sortie ?</p>  <p>A : Distorsion harmonique B : Distorsion d'amplitude C : Distorsion de fréquence D : Pas de distorsion</p>	<p>Q 4 Quelle est la formule fautive ?</p> <p>A : $R_T = (R_1 + R_2)/(R_1 \times R_2)$ B : $P = U^2 / R$ C : $P = R \times I^2$ D : $P = U \times I$</p>
<p>Q 5 Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A : 2,2 μF B : 545 nF C : 545 μF D : 2,2 nF</p>	<p>Q 6 Pour un courant sinusoïdal de 10 volts efficaces, quelle est la tension crête-à-crête ?</p> <p>A : 14,1 V B : 28,3 V C : 20 V D : 30 V</p>
<p>Q 7 Quel est le gain de l'amplificateur ?</p>  <p>A : 200 dB B : 23 dB C : 31 dB D : 20 dB</p>	<p>Q 8 Quel est le filtre passe-bande ?</p> 
<p>Q 9 On utilise un microphone à capacité variable monté sur un oscillateur pour générer de :</p> <p>A : l'AM B : la CW C : la FM D : la BLU</p>	<p>Q 10 Que démodule ce récepteur ?</p>  <p>A : AM B : CW C : FM D : BLU</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point

QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 49

Q 1 Référence : T3-3 Réponse : C

$$U_r = 9V - 8V = 1V$$

$$I_r = 10 \text{ mA}$$

$$r = U/I = 1 \text{ V}/10 \text{ mA} = 1/0,01 = 100 \Omega$$

Q 2 Référence : T9-4 Réponse : D

Au point d'alimentation du dipôle (le centre), on a un maximum d'intensité et un minimum de tension

Q 3 Référence : T7-4 Réponse : C

L'amplificateur RF n'amplifie pas les différentes fréquences présentes à l'entrée linéairement.

Q 4 Référence : T1-2 et T1-7 Réponse : A

Q 5 Référence : T2-3 Réponse : B

$$C_T = (C_1 \times C_2)/(C_1 + C_2) = (1 \times 1,2)/(1 + 1,2) = 1,2/2,2 = 0,545 \mu\text{F} = 545 \text{ nF}$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 1 \div (1 \div 1.10^{-6} (C_1) + 1 \div 1,2.10^{-6} (C_2)) = 545,45.10^{-9} \text{ soit } 545 \text{ nF}$$

Q 6 Référence : T2-2 Réponse : B

$$10 V_{\text{eff}} \Rightarrow 14,14 V_{\text{max}} \Rightarrow 28,3 V_{\text{càc}}$$

Q 7 Référence : T4-1 Réponse : B

$$\text{rapport} = 2 \text{ W}/10 \text{ mW} = 200 \text{ donc } 23 \text{ dB}$$

$$\text{sur une calculatrice : } 2 (PS) \div 10.10^{-3} (PE) = 200 [\text{LOG}] = 2,301 \times 10 = 23,01 \text{ arrondi à } 23 \text{ dB}$$

$$\text{ou, en écriture naturelle : } 10 [\text{LOG}] (2 (PS) \div 10.10^{-3} (PE)) = 23,01 \text{ arrondi à } 23 \text{ dB}$$

Q 8 Référence : T4-3 Réponse : C

Le filtre passe bande est aussi appelé filtre série

Q 9 Référence : T12-2 Réponse : C

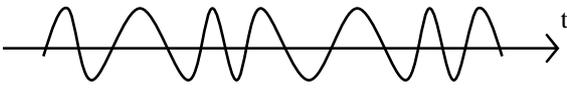
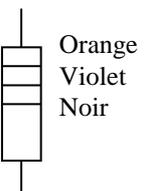
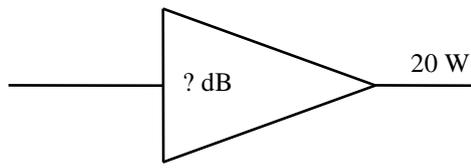
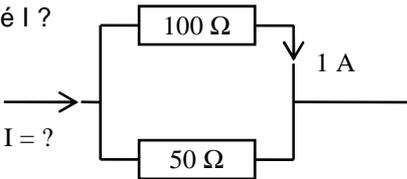
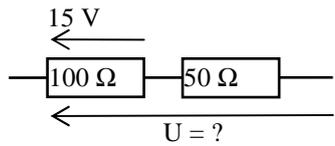
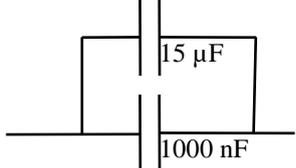
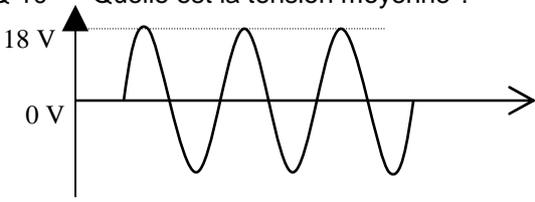
Q 10 Référence : T12-2 Réponse : A

Détection \Rightarrow AM. Attention aux représentations des synoptiques qui, comme dans cet exemple, ne sont pas très conventionnelles. La CAG peut aussi agir sur l'amplificateur FI et, dans ce cas, la flèche ne va pas vers l'ampli RF mais vers l'ampli FI.

Série n°50

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

<p>Q 1 Quelle est l'affirmation vraie ?</p> <p>A : un multiplicateur RF est souvent monté en classe C B : le spectre d'un signal passant par un multiplicateur n'est modifié que si le multiplicateur n'est pas linéaire C : Pour multiplier une fréquence par 5, on peut utiliser un multiplicateur par 2 suivi d'un multiplicateur par 2,5 D : Pour multiplier une fréquence par 5, on peut utiliser un multiplicateur par 2 suivi d'un multiplicateur par 3</p>	<p>Q 2 Quel est le type de modulation représentée ?</p>  <p>A : AM B : FM C : CW D : BLU</p>
<p>Q 3</p> <p>A : 35 Ω B : 370 Ω C : 37 Ω D : 25 Ω</p> 	<p>Q 4</p>  <p>Quel est le gain de cet amplificateur ? A : 20 dB B : 2 dB C : 13 dB D : 31 dB</p>
<p>Q 5 Quelles sont les valeurs des entrées de cette porte logique ?</p>  <p>A : E1 = 1 et E2 = 1 C : E1 = 0 et E2 = 1 B : E1 = 1 et E2 = 0 D : E1 = 0 et E2 = 0</p>	<p>Q 6 Quelle est la formule fautive ?</p> <p>A : $P = U^2 / R$ B : $I = U / R$ C : $P = R / I^2$ D : $R = r \times L / s$</p>
<p>Q 7 Quelle est l'intensité I ?</p>  <p>A : 2 A B : 1,5A C : 3A D : 1A</p>	<p>Q 8 Calculer la tension U</p>  <p>A : 10V B : 15V C : 7,5V D : 22,5V</p>
<p>Q 9 Quelle est la capacité équivalente ?</p>  <p>A : 1,015 μF B : 1015 nF C : 16000 nF D : 1,06 μF</p>	<p>Q 10 Quelle est la tension moyenne ?</p>  <p>A : 25,5 V B : 12,7 V C : 0 V D : 36 V</p>

Décompte des points : Bonne réponse : 3 points ; Mauvaise réponse : -1 point ; Pas de réponse : 0 point
 QUESTIONS : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 TOTAL MOYENNE

POINTS : _____ 15/30

Réponses Série 50

Q 1 Référence : T7-6 Réponse : A

Les multiplicateurs ne peuvent multiplier que par des nombres entiers. Un multiplicateur par 2 suivi d'un multiplicateur par 3 donne une fréquence multipliée par 6 (2x3). Par principe, un multiplicateur est un amplificateur non linéaire car monté en classe C.

Q 2 Référence : T12-1 Réponse : B

Attention aux représentations des modulations sur le Minitel

Q 3 Référence : T1-5 Réponse : C

Orange => 3)

Violet => 7) $37 \times 10^0 = 37 \Omega$

Noir => 0)

Q 4 Référence : T4-1 Réponse : C

20 donc 13 dB

sur une calculette : 20 (Rapport) [LOG] = $1,301 \times 10 = 13,01$ arrondi à 13

ou, en écriture naturelle : 10 [LOG] 20 (rapport) = $13,01$ arrondi à 13

Q 5 Référence : T8-4 Réponse : A

La logique de cette porte est : « la sortie est à 0 si et seulement si toutes les entrées sont à 1 » (logique de sortie inversée par rapport à une porte « ET »)

Q 6 Référence : T1-2 et T1-4 Réponse : C

Q 7 Référence : T1-7 Réponse : C

Soit R1 la résistance du bas et R2, celle du haut du schéma

$$UR = R2 \times IR2 = 100 \times 1 = 100 \text{ V}$$

$$IR1 = UR / R1 = 100 / 50 = 2 \text{ A}$$

$$IT = IR1 + IR2 = 2 \text{ A} + 1 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

Ou, plus empirique : il passe dans R1 deux fois plus de courant que dans R2 car elle est deux fois plus faible, donc $IR1 = 2A$ donc $IT = 1+2 = 3 \text{ A}$.

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : D

$$I = UR1/R1 = 15/100 = 0,15 \text{ A}$$

$$UT = RT \times I = (100+50) \times 0,15 = 150 \times 0,15 = 22,5 \text{ V}$$

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : C

$$CT = C1 + C2 = 15 \mu\text{F} + 1000 \text{ nF} = 15000 \text{ nF} + 1000 \text{ nF} = 16000 \text{ nF}$$

Q 10 Référence : T2-2 Réponse : C

Le signal est réparti également de chaque côté du 0V. La surface du signal au dessus de 0V est égale à la surface au dessous de 0V. Ceci est un cas particulier où il y a un nombre entier de période. C'est aussi le cas lorsque la durée du signal est beaucoup plus longue que la durée d'une seule période.

Hors Série

Thème : exercices de calcul en notation ingénieur (Chapitre Technique 0). Il n'y a pas de temps indicatif : le principal est que vous trouviez la solution (surtout pour les derniers exercices)

Pour chacune des opérations suivantes, mettre le résultat en notation ingénieur (sous la forme $a \cdot 10^b$ ou $a^E b$, b étant un multiple de 3), puis en notation décimale à virgule flottante (sous forme habituelle 123,45 ou 0,00012345)

Faites ces exercices à la main puis à la calculatrice en utilisant les fonctions de notation ingénieur. Vous devez obtenir les mêmes résultats...

Addition

$$A : 2 \cdot 10^{-3} + 7 \cdot 10^{-2} =$$

$$B : 3 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^{-1} =$$

$$C : 3,75 \cdot 10^3 + 0,625 \cdot 10^4 =$$

$$D : 27,5^E - 2 + 7,25^E - 1 =$$

Multiplication

$$E : 10^3 \times 10^2 =$$

$$F : 25 \cdot 10^2 \times 4 \cdot 10^3 =$$

$$G : 4,38 \cdot 10^3 \times 2,4 \cdot 10^{-2}$$

$$H : 14^E - 6 \times 2^E 4$$

Fraction

$$I : \frac{32 \cdot 10^4}{8 \cdot 10^2} =$$

$$J : \frac{3 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^{-2}} =$$

$$K : \frac{0,250 \cdot 10^{-3}}{0,050 \cdot 10^{-2}} =$$

$$L : \frac{3 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^4} =$$

De plus en plus compliqué...

$$M : \frac{10^3 \times 10^2}{10^5} =$$

$$N : \frac{3 \cdot 10^2 \times 4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-3}} =$$

$$O : \frac{27 \cdot 10^{-3} \times 8 \cdot 10^2}{10^4 \times 3 \cdot 10^{-3}} =$$

$$P : \frac{(5 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-2}) \times 4 \cdot 10^3}{10^{-2} \times (25 \cdot 10^2 + 7,5 \cdot 10^3)} =$$

Réponses Hors Série

Addition

$$A : 2.10^{-3} + 7.10^{-2} = 0,002 + 0,07 = 0,072 = 72.10^{-3} \text{ ou } 2.10^{-3} + 70.10^{-3} = (70 + 2).10^{-3} = 72.10^{-3}$$

$$B : 3.10^2 + 5.10^{-1} = 300 + 0,5 = 300,5 = 3005.10^{-1} \text{ ou } 3000.10^{-1} + 5.10^{-1} = 3005.10^{-1} = 300,5.10^0$$

$$C : 3,75.10^3 + 0,625.10^4 = 3750 + 6250 = 10.000 = 10^4 \text{ ou } 375.10^1 + 625.10^1 = (375+625).10^1 = 1000.10^1 = 10^4 = 10.10^3$$

$$D : 27,5^E-2 + 7,25^E-1 = 0,275 + 0,725 = 1 = 10^0 \text{ ou } 275^E-3 + 725^E-3 = 1000^E-3 = 1^E(3-3) = 1^E0 = 1$$

Multiplication

$$E : 10^3 \times 10^2 = 1000 \times 100 = 100.000 = 10^5 \text{ ou } 10^{(2+3)} = 10^5 = 100.10^3$$

$$F : 25.10^2 \times 4.10^3 = (25 \times 4).10^{(2+3)} = 100.10^5 = 10^7 \text{ ou } 2500 \times 4000 = 10.000.000 = 10^7 = 10.10^6$$

$$G : 4,38.10^3 \times 2,4.10^{-2} = (4,38 \times 2,4).10^{(3-2)} = 10512.10^1 = 10,512 \times 10 = 105,12 \text{ ou } 4380 \times 0,024 = 105,12$$

$$H : 14^E-6 \times 2^E4 = (14 \times 2)^E(-6+4) = 28^E-2 = 0,28 \text{ ou } 0,000014 \times 20000 = 0,28 = 280.10^{-3}$$

Fraction

$$I : \frac{32.10^4}{8.10^2} = (32 / 8).10^{(4-2)} = 4.10^2 = 400 \text{ ou } 320000 / 800 = 400$$

$$J : \frac{3.10^3}{4.10^{-2}} = (3 / 4).10^{(3-(-2))} = 0,75.10^{(3+2)} = 0,75.10^5 = 75.10^3 \text{ ou } 3000 / 0,04 = 75000 = 75.10^3$$

$$K : \frac{0,250.10^{-3}}{0,050.10^{-2}} = 25.10^{-5} / 5.10^{-4} = (25 / 5).10^{(-5-(-4))} = 5.10^{-1} = 0,5 \text{ ou } 0,00025 / 0,0005 = 0,5 = 500.10^{-3}$$

$$L : \frac{3.10^{-2}}{2.10^4} = (3 / 2).10^{(-2-4)} = 1,5.10^{-6} = 15.10^{-7} \text{ ou } 0,03 / 20000 = 0,0000015 = 15.10^{-7} = 1500.10^{-9} = 1,5.10^{-6}$$

De plus en plus compliqué...

$$M : \frac{10^3 \times 10^2}{10^5} = 10^{(3+2-5)} = 10^0 = 1 \text{ ou } (1000 \times 100) / 100000 = 100000 / 100000 = 1$$

$$N : \frac{3.10^2 \times 4.10^{-4}}{2.10^{-3}} = (3 \times 4 / 2).10^{(2-4-(-3))} = (3 \times 2).10^{(2-4+3)} = 6.10^1 = 6 \times 10 = 60 \text{ ou } (300 \times 0,0004) / 0,002 = 60$$

$$O : \frac{27.10^{-3} \times 8.10^2}{10^4 \times 3.10^{-3}} = (27 \times 8 / 3).10^{(-3+2-4+3)} = (9 \times 8).10^{-2} = 0,72 \text{ ou } (0,027 \times 800) / (10000 \times 0,003) = 21,6/30 = 0,72 = 720.10^{-3}$$

$$P : \frac{(5.10^{-3} + 2.10^{-2}) \times 4.10^3}{10^{-2} \times (25.10^2 + 75.10^3)} = \frac{[(5.10^{-3} + 20.10^{-3}) \times 4.10^3]}{[10^{-2} \times (25.10^2 + 75.10^3)]} = \frac{[(5+20).10^{-3} \times 4.10^3]}{[10^{-2} \times (25+75).10^2]} = \frac{(25 \times 4).10^{(-3+3)}}{(25+75).10^{(-2+2)}} = (100/100).10^{(0+0)} = 1.10^0 = 1$$

$$\text{ou } [(0,005 + 0,02) \times 4000] / [0,01 \times (2500 + 7500)] = (0,025 \times 4000) / (0,01 \times 10000) = 100 / 100 = 1$$