



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

Juillet 2011

1

- 2 -

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

Epreuves à passer

Puissances et modes autorisés

Classe 3

10 W sur la bande 144-146 MHz - Modes autorisés : CW

NON

Réglementation

(Novice) F0

(A1A, A2A), AM (A3E), FM (G3E, F3E), BLU (J3E)

Toutes bandes et tous modes sauf en télégraphie auditive

Classe 2

Réglementation + Technique (A1A, A2A, F1A, F2A, J2A) sur les bandes inférieures à (Téléphoniste) OUI

ou Classe 3 + Technique

29,7 MHz ; 120 W au dessus de 30 MHz ; 250 W de

F4

28 à 30 MHz ; 500 W en dessous de 28 MHz

Classe 1

Régl.+Technique+Morse **ou**

Toutes bandes et tous modes avec :

(Télégraphiste) OUI Classe 3+Technique+Morse 120 W au dessus de 30 MHz ; 250 W de 28 à 30 MHz ; F8

ou Classe 2 + Morse

500 W en dessous de 28 MHz

Intro - 2) Les différentes parties de l'examen sont indépendantes. Il faut impérativement 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 différents cas de figures selon les modules acquis lors de l'examen sont : **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, cette épreuve n'a pas à être repassée 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.

Toutes les épreuves des différents certificats d'opérateur (Réglementation, Technique et code Morse) se passent sur micro-ordinateur. Les épreuves de Réglementation et de Technique 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 fausse, aucun point pour aucune réponse. Pour chacune des deux épreuves, il faut obtenir au moins 30

points (soit une moyenne de 30/60).

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, gammes d'ondes). Quelques calculs, souvent simples, peuvent être demandés. **Dans les épreuves, 6 questions (30 %) portent sur cette partie du programme : ne la négligez pas.**

- 3 -

Épreuve de Technique :

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

Épreuve de code Morse :

La vitesse de l'épreuve de lecture au son (ou télégraphie auditive, nommée CW par les radioamateurs) 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 : =(égal),

+(plus), /(barre de fraction), ?(point d'interrogation), ,(virgule), .(point), '(apostrophe) ainsi que les signes VA (Fin de transmission), AS (Attente) et Erreur (.....).

L'épreuve de télégraphie auditive comporte la lecture de 36 groupes de 5 lettres, chiffres ou signes suivis d'un texte en clair d'une durée de 3 minutes plus ou moins 5%, soit exactement la longueur de ce paragraphe.

Les candidats devront avoir commis au maximum 4 fautes 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) L'examen

L'ANFR (Agence Nationale des Fréquences), qui organise les examens, propose une **présentation du logiciel** utilisé sur son site Internet (voir coordonnées en annexe). La base de données des questions, tant en réglementation qu'en technique, est réduite et peu représentative des difficultés rencontrées à l'examen. **On ne peut donc pas qualifier cette présentation de logiciel d'entraînement.**

Afin que l'ensemble du programme des examens soit balayé et pour éviter trop de questions sur des sujets similaires, les questions de chaque épreuve ont été réparties dans **10 familles plus ou moins homogènes** qu'on peut supposer à partir des comptes-rendus d'examen que nous avons collectés. Pour chaque examen, 2 questions sont choisies au hasard dans chacune des 10 familles puis l'ensemble est présenté aléatoirement lors de l'épreuve.

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 ne sera permise : $(10 \times 3) - 1 = 29 < 30$;

- Si on répond à 12 questions, une seule faute est tolérée : $(11 \times 3) - 1 = 32$

- **Si on répond à 13 questions, deux fautes sont possibles** : $(11 \times 3) - 2 = 31$

- 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. Passez les questions qui vous semblent difficiles et revenez dessus une fois l'ensemble du questionnaire parcouru. Un clic sur « Récapitulatif » vous affiche un tableau indiquant les questions auxquelles vous n'avez pas répondu.

Il ne faut répondre qu'aux questions dont on est 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 des **SRR** (Services Régionaux de Radiocommunication de l'ANFR). Il faut prendre un **rendez-vous** en téléphonant au centre d'examen que vous avez choisi. Le délai d'attente entre la prise de rendez-vous et la date de l'examen est d'environ un mois. Les coordonnées des centres d'examen sont dans les annexes de ce cours. Pour confirmer le rendez-vous, le SRR vous envoie un dossier qu'il faut lui retourner accompagné d'un chèque (en 2010, 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** (IPP) 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.**

Avant de commencer l'épreuve de technique, prenez quelques secondes 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.), les tables de conversion (dB, multiples et sous multiples) et le code des couleurs : vous les aurez 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**

- 4 -

contestation ne sera recevable après la fin du décompte de temps. En cas de question litigieuse, notez sa référence (en haut à gauche de l'écran). Le personnel présent sur le lieu de l'épreuve est en général disponible et compréhensif mais ne vous laisse pas sortir de la salle d'examen avec vos notes et brouillons.

L'épreuve de télégraphie est indépendante et dure en tout environ 10 minutes. Avant l'épreuve proprement dite, 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'ANFR envoie rapidement (souvent la semaine suivante) au domicile du candidat un dossier de demande d'indicatif à retourner accompagné du règlement de la taxe annuelle (46 € en 2010, tarif inchangé depuis 1991) au pôle ANFR de Noiseau qui gère la partie « recettes » du dossier administratif des radioamateurs. **La notification de l'indicatif d'appel, seul document permettant d'émettre, est signée par l'autorité compétente et est envoyée au bout d'environ un mois** après la réception du dossier par l'ANFR.

Si vous avez déjà un indicatif d'appel et que l'examen vous a permis de changer de classe d'opérateur, vous recevrez la notification de votre nouvel indicatif d'appel signée par l'autorité compétente sans effectuer de formalité dans le mois qui suit la réussite de l'épreuve.

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, sauf indication contraire, 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 sont en **gras italique** ne sont pas à connaître mais permettent saisir mieux que par des phrases certaines notions et grandeurs.

- les **exemples** d'application sont signalés en retrait et présentés dans une police de caractères différente (Arial).

- les **mots-clés** sont en gras souligné. Ils permettent de repérer les notions à connaître pour 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://f6kgl.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 ;

- 5 -

- un lien vers 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. Une synthèse des questions d'examen issues de cette liste de diffusion est disponible sur cette page au format PDF ;

- un lien vers le site <http://www.f5axg.org> pour télécharger le logiciel d'entraînement Exam'1

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. De nombreux candidats témoignent qu'en bachotant à temps complet pendant 15 jours, l'examen de classe 3 est une simple formalité.

La partie Technique du cours est moins linéaire que la partie Réglementation : si la première section du cours de technique qui porte sur les bases de l'électricité est longue et décourageante pour certains car il faut assimiler toutes les formules et les notions, la seconde section qui traite des composants actifs est beaucoup plus simple car il y a peu de formules à apprendre. Quant à la dernière section consacrée à la radioélectricité, elle est de loin la plus intéressante et elle 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 (Texas Instr.) et la FX-92 (Casio) 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. Les candidats se préparant seul à l'examen pourront demander des conseils sur le fonctionnement de leur calculette à un collégien : nos chères petites têtes blondes savent parfaitement manier ces accessoires...

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) Alphabet international et code Q

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) exploitation d'une station

R-4.3) installations de radio-club et stations répétitrices

R-4.4) sanctions

R-4.5) modalités 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

- 6 -

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 -

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)

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 2007 du RR comprend 58 articles (S1 à S59) subdivisés en dispositions, 24 appendices (A1 à A40), les résolutions prises en assemblée plénière et les recommandations qui orientent les travaux des commissions.

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 **Résolution 646**, adoptée en 2003, recommande pour ces réseaux l'utilisation de fréquences UHF et une harmonisation par région. La disposition S25-9A du RR résume 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). Washington accueille la première conférence en 1927 puis Madrid en 1932 et Le Caire en 1938. La conférence d'Atlantic City (1947) décida du transfert du siège de l'UIT de Berne à Genève où ont lieu les CMR

et remania profondément le RR et le plan d'attribution des fréquences dont la limite haute était 10,5 GHz. Les CMR de 1959 et 1979 ont été des étapes importantes dans les modifications du plan de fréquences pour tenir compte des progrès de la technique radio. La WRC97 a renuméroté les articles et dispositions du RR. La WRC03 a supprimé l'exigence de la connaissance du code Morse pour émettre. La dernière WRC a eu lieu en octobre 2007 et la prochaine WRC est programmée du 23 janvier au 17 février 2012.

Au niveau européen, la Conférence Européenne des administrations des Postes et Télécommunications (CEPT), créée en 1959, rassemble les autorités réglementaires des 27 pays de l'Union Européenne et de 21 autres pays européens. Le Bureau Européen des Communications (ECO, nommé ERO avant juillet 2009 et basé à Copenhague) est l'organe permanent de la CEPT qui assure la logistique des réunions. Le Comité des Communications Électroniques (ECC) 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

en recense 5 autres : ATU pour l'Afrique, RCC pour les pays de l'ex-URSS, ASMG pour les pays arabes, CITEL

pour les Amériques et APT pour l'Asie et le Pacifique.

- 11 -

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 **pour des séjours de moins de 3 mois**. 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**).

Le rapport ERC 32, établi en 2005, définit le programme du certificat d'opérateur CEPT Novice. La recommandation ECC (05) 06, signée un mois plus tard, établit la libre circulation des radioamateurs novices dans les pays membres de la CEPT. A ce jour, peu de pays appliquent ces textes et le certificat d'opérateur novice français (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.

Les installations de radioamateurs **n'utilisent pas de fréquences spécifiquement assignées** et sont donc **établies librement**. Elles relèvent de l'article **L33-3 du CP&CE** qui définit les réseaux indépendants par opposition aux réseaux ouverts au public définis au L33-1. Parmi les 5 catégories d'installations utilisant des fréquences radioélectriques définies à l'article **D406-7 du CP&CE**, la **3ème 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 ».

L'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes (ARCEP, nommée ART à sa création en 1997) 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 œuvre.

L'ARCEP prend des **décisions** qui, pour entrer en vigueur, doivent être **homologuées** par le Ministre chargé des communications électroniques puis **publiées** au Journal Officiel.

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 (Conseil Supérieur de l'Audiovisuel, chargé de la gestion des chaînes de TV et des 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*). De plus, l'Arcep fixe les conditions techniques d'utilisation des fréquences dont l'assignation lui a été confiée (*art L42 du CP&CE*). Ces deux missions sont les fondements de la **décision ARCEP 10-0537** qui régit nos activités .

En vertu de l'article **L42-4 du CP&CE**, le ministre chargé des communications électroniques 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. Ce second texte fondamental a été complété par un arrêté modificatif daté du 30/01/09 qui précise les **conditions d'attribution et de retraits des indicatifs**.

Au sein du ministère chargé des communications électroniques, la **Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services** (DGCIS, à prononcer DG6), créée début 2009, a repris les missions précédemment confiées à la DGE (et auparavant, jusqu'en 2005, à la DiGITIP) et, en particulier, la mission de conseil auprès du ministre pour toutes les questions touchant aux communications électroniques. *Depuis novembre 2010, le dossier est confié à Eric Besson, ministre chargé de l'industrie, de l'énergie et de l'économie numérique, dont les services sont rattachés au ministère de l'économie, des finances et de l'industrie dirigé par François Baroin.*

L'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) est un établissement public à caractère administratif créé en 1997, 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 pour le compte du Ministre chargé des communications électroniques 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) qui organisent les examens et les **pôles administratifs** de Noisseau (ex-CGR) et de Saint Dié des Vosges qui gèrent les dossiers.

La loi 86-1067 relative à la liberté de communication précise, dans son article 22, que le CSA « prend les mesures nécessaires pour **assurer une bonne réception des signaux** [de radiodiffusion] ». A la demande de tiers ou de l'autorité affectataire, l'ANFR instruit les dossiers de brouillage (*art R20-44-10 10° du CP&CE*).

En conclusion, **trois autorités** se répartissent les différents champs de compétences : **l'ARCEP** pour les conditions d'exploitation et l'attribution des bandes, le **Ministre** chargé des communications électroniques pour les examens d'opérateur et l'attribution des indicatifs d'appel et **l'ANFR** en ce qui concerne les brouillages, les examens et la gestion du dossier administratif des radioamateurs étant gérés pour le compte du Ministre.

R-1.2) Les classes d'émission sont **une des 10 familles** de question de l'examen de réglementation. Leur définition en est donnée dans l'appendice A1 du RR par trois caractères : le 1er caractère est une lettre indiquant le **type de modulation** ; le 2ème caractère est un chiffre indiquant la **nature du signal modulant** ; enfin, le 3ème caractère est une lettre indiquant le **type d'information transmis**. *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

Chiffre

Deuxième lettre

Type de modulation de la porteuse

Nature du signal modulant

Type d'information transmis

A Amplitude (double bande latérale)

1 Une seule voie sans sous por-

A Télégraphie auditive

C Amplitude (bande latérale résiduelle)

teuse modulante (tout ou rien)

B Télégraphie automatique

F Fréquence

2 Une seule voie avec sous

C Fac-similé (image fixe)

G Phase

porteuse modulante

D Transmission de données

J Amplitude-BLU porteuse supprimée

3 Analogique

E Téléphonie

R Amplitude-BLU porteuse réduite

7 Numérique (plusieurs voies)

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, 3ème caractère), puis la modulation (première lettre, 1er 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. Par contre, la télégraphie auditive peut ou non utiliser une sous-porteuse modulante contenant l'information ; c'est pourquoi il faut le préciser.

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 durée des traits est trois fois plus longue que la durée des points. Dans les modes digitaux, l'information est numérique et l'utilisation d'une sous-porteuse modulante (code 2) permet de distinguer par une fréquence différente 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 deux voies ou plus. 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) **J2B** = Télégraphie automatique ; modulation d'amplitude BLU ; une seule voie avec sous porteuse modulante (par exemple : PSK31 qui n'est pas une classe d'émission mais un protocole utilisant la classe J2B) **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) Les **opérateurs de classe 1 et 2** peuvent émettre dans les **36 classes d'émission** du tableau ci-dessous. Les **opérateurs de classe 3** n'ont droit qu'aux **6 classes d'émission** éditées en gras souligné. Notez que les modes digitaux sont interdits aux Novices et que 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 (*annexe 2 à la décision ARCEP 10-0537*).

Information

B : Télégraphie A : Télégra-

D : Transmission de

E : Télé-

C : Fac-

F :

transmise

automatique

graphie auditive

données

phonie

Similé

Télévision

u

Amplitude

A1B A2B

A1A

A2A

A1D

A2D

A3E

A3C

A3F-C3F

d

n

o

Fréq./Phase

F1B F2B

F1A

F2A

F1D-G1D F2D-G2D

F3E - G3E F3C-G3C F2C G1F F3F-G3F

M

latio

BLU J7B

J2B

J2A

J1D

R3D **J3E** - R3E J3C-R3C J2C

e u

avec sans

Nature du signal

ies

) sans avec sans

avec

sans

avec

ériq

o

+

sous porteuse

u une seule voie contenant de l'information quantifiée

modulant

m

v

u

(2

o

ou numérique avec/sans sous porteuse modulante (une seule voie contenant de l'information analogique)

N

La classe d'émission G1F est autorisée uniquement dans les bandes de fréquences supérieures à 430 MHz (*annexe 2 à la décision Arcep 10-0537*). 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 en tant qu'**émissions expérimentales et temporaires** sous réserve de présenter une demande d'autorisation personnelle. La date de fin de l'émission expérimentale sera notifiée dans le courrier d'autorisation adressé à l'opérateur par l'Arcep. Les informations sur les logiciels et protocoles utilisés doivent être transmises à la demande de l'ANFR (*annexes 2 et 4 à la décision ARCEP 10-0537*).

- 13 -

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. Les modulations peuvent se représenter en fonction du temps (oscillogramme) en observant les variations du courant à l'aide d'un oscilloscope ou en fonction de la

fréquence (spectrogramme), ce qui permet de visualiser la bande passante occupée par la modulation. Dans ces schémas, la partie grisée représente la HF comme le montrerait un oscilloscope ou un analyseur de spectre.

Type de modulation

AM (A et C)

CW (A)

BLU (J)

FM (F et G)

Représentation en

La BLU ne peut pas

t

t

t

fonction du temps

être représentée par

(oscillogramme)

un oscillogramme

Porteuse

Représentation en

La CW ne peut pas

supprimée

fonction de la

Excursion

être représentée par

fréquence

F

F

un spectrogramme

BLI BLS

(spectrogramme)

F

R-1.3) Conditions techniques (article 4 et annexe 3 de la décision ARCEP 10-0537). A l'examen, de nombreuses questions portent sur ce paragraphe 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 **$\pm 10^{-4}$ (= $1/10.000$)** 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).

- La **stabilité** des fréquences émises doit être telle que la dérive de fréquence ne doit pas excéder **5×10^{-5}**

(= $1/20.000$) 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).

- L'**excursion de fréquence** dans toutes les modulations (AM, FM, BLU) ne doit pas dépasser ± 3 kHz en dessous de 30 MHz et $\pm 7,5$ kHz au delà. La largeur de bande transmise (ou bande occupée, égale au double de l'excursion de fréquence) ne doit pas excéder celle nécessaire à une réception convenable.

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, seront inférieurs à **-50 dB** pour une puissance égale ou inférieure à 25 W et **-60 dB** au delà.

L'Institut Européen des Normes de Télécommunications (ETSI) édite la norme EN 301 783 qui fixe les caractéristiques techniques à respecter pour les équipements radioamateurs (en émission et en réception) mis sur le marché. Des valeurs limites selon la fréquence sont définies et la méthode à utiliser pour les mesurer est décrite : rayonnements non essentiels maximum, immunité à un niveau de perturbation électromagnétique, ...

Exemple : pour une émission sur 144 MHz, quelles doivent être la précision, la stabilité et la bande occupée ?

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). L'excursion étant au plus de $\pm 7,5$ kHz, une réponse « ± 5 kHz » sera jugée bonne.

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'un **indicateur de la puissance** fournie à l'antenne (wattmètre) et d'un **indicateur du rapport d'ondes stationnaires** (ROS-mètre, aussi appelé réflectomètre). Ces deux instruments de mesure sont souvent intégrés aux transceivers.

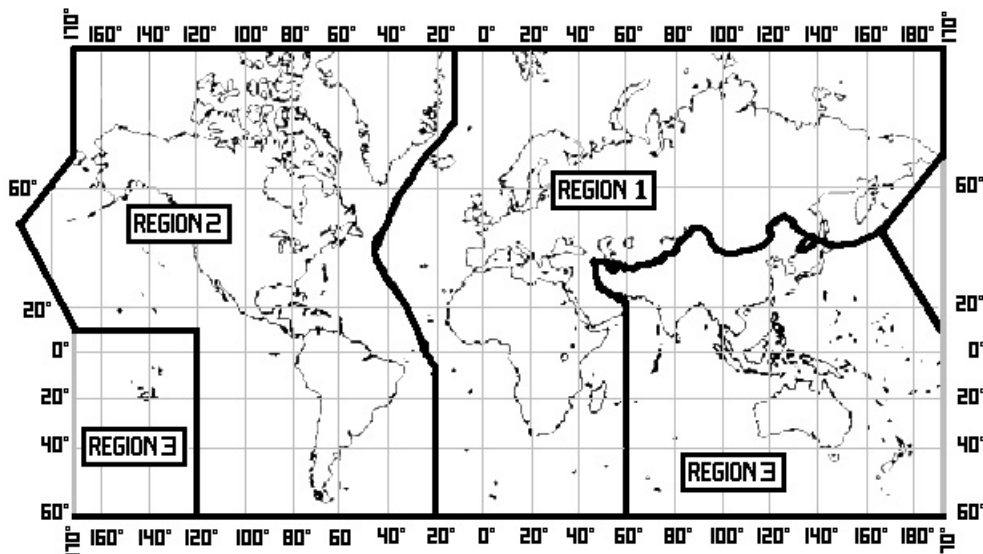
- Les stations doivent également disposer d'une **charge non rayonnante** (appelée aussi antenne fictive) au moyen de laquelle les émetteurs doivent être réglés. Notez que le terme de « charge fictive », souvent utilisé, est impropre car la charge ne doit pas être fictive mais bien réelle ; en revanche,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

- **Le filtrage de l'alimentation** (filtre secteur) 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 50Ω ne devront pas dépasser **2 mV** pour des fréquences **entre 0,15 et 0,5 MHz et 1mV entre 0,5 et 30 MHz**. Ces valeurs sont issues de la norme européenne EN 55 011 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 est plus contraignante et concerne les appareils à usage professionnel.

- Le générateur deux tons ne fait pas partie de l'équipement obligatoire d'une station. Toutefois, ce matériel est préconisé pour mesurer la puissance crête en BLU (renvoi G de l'annexe 1 à la décision 10-0537).

- 14 -



2) FRÉQUENCES et PUISSANCES AUTORISÉES

R-2.1) Fréquences attribuées : Le tableau présenté à la page suivante est une synthèse de différents textes :

- décision **ARCEP 10-0537** du 4 mai 2010,
- **arrêté du 30/01/09** fixant les conditions d'utilisation dans les TOM non gérés par l'ARCEP,
- **Registre des Utilisations de Fréquences** édité par l'Arcep et disponible sur son site Internet,
- chapitre 3 de l'arrêté pris par le Premier Ministre relatif au **Tableau National de Répartition des Bandes de Fréquences (TNRBF)**.

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 allouées ne sont pas les mêmes qu'en Métropole située en région 1. Les Départements d'Outre-Mer (DOM)

situés en Région 2 sont la Guyane, la Martinique et la Guadeloupe. La Réunion et Mayotte sont en Région 1, comme la France continentale et la Corse. Voir le §R-4.6 pour les régions où sont situés tous les TOM. L'Arcep ne gère que la France métropolitaine, les DOM et quelques TOM : Saint Pierre et Miquelon (qui est une collectivité territoriale), Saint Barthélemy et Saint Martin (rattachés administrativement à la Guadeloupe).

Les questions portant sur les limites de bandes, leur statut (lettre ou catégorie) et leur largeur forment **une des 10**

familles de questions de l'épreuve de réglementation. Les puissances autorisées, objet du paragraphe suivant, sont rattachées à cette famille de questions. Les questions portant sur les « bandes satellite » et les conditions de trafic sur la bande des 50 MHz semblent regroupées dans une autre famille moins homogène. En revanche, peu de questions sur les bandes supérieures à 1300 MHz ou sur les régions 2 et 3 ont été recensées.

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 avec le même statut (sauf bandes des 70, 13 et 9 cm : différenciation région 1 / région 2 et 3).

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 mm) 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).

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.

Les titulaires d'un certificat d'opérateur de **classe 3 (Novice)** ne peuvent utiliser que la bande 144 – 146 MHz, même en région 2 ou 3 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).

Depuis 1997, **l'administration n'impose plus de bandes de fréquences pour les classes d'émissions particulières** (la seule assignation qui subsiste concerne la classe d'émission G1F, voir § R-1.2), ce qui ne doit pas empêcher 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 infrarouges lointains (IRC), l'UIT ne fait que des recommandations pour protéger les travaux de recherche en mode passif (radioastronomie et recherche spatiale). L'UIT devrait préciser l'attribution d'une partie de ce spectre (jusqu'à 1.000 GHz) lors de WRC12.

L'attribution des bandes au service amateur jusqu'à 10 GHz est issue 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 135 kHz a été attribuée en 1999. En région 1, la bande des 40 mètres a été étendue jusqu'à 7200 kHz en mars 2009 mais il a fallu attendre juillet 2010 pour que l'extension soit effective en France.

- 15 -

Statut des bandes noté entre parenthèses après les limites de la bande (en MHz) 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 : exclusif implique donc primaire. Toutefois, de 10,45 à 10,50 GHz, la bande est attribuée aussi à un autre service primaire à égalité de droits dans d'autres pays que la France. Les stations du service amateur ne devront pas causer de brouillages préjudiciables à ces stations (*voir le commentaire F après le tableau*).

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 (*disposition S4-8*) 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 (...) ou des autres services secondaires ».

Bandes

Région 1 (en MHz)

Région 2 (en MHz)

Région 3 (en MHz)

Satellite (en MHz)

LF 2222m 0,1357 - 0,1378 (C et D) 0,1357 - 0,1378 (C et D)

0,1357 - 0,1378 (C et D)

F

1,810 - 1,850 (A)

1,800 - 1,850 (A)

1,830 - 1,850 (A)

M

160 m

1,850 - 2,000 (B)

1,850 - 2,000 (B)

3,500 - 3,800 (B)

3,500 - 3,750 (A)

3,500 - 3,900 (B)

80 m

3,750 - 4,000 (B)

40 m

7,000 - 7,200 (A)

7,000 - 7,300 (A)

7,000 - 7,200 (A)

7,000 - 7,100 (A)

30 m

10,100 - 10,150 (C)

10,100 - 10,150 (C)

10,100 - 10,150 (C)

F

20 m

14,000 - 14,350 (A)

14,000 - 14,350 (A)

14,000 - 14,350 (A)

14,000 - 14,250 (A)

H

17 m

18,068 - 18,168 (A)

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)

21,000 - 21,450 (A)

12 m

24,890 - 24,990 (A)

24,890 - 24,990 (A)

24,890 - 24,990 (A)

24,890 - 24,990 (A)

10 m

28,000-29,700 (A et G)

28,000-29,700 (A et G)

28,000-29,700 (A et G)

28,000 - 29,700 (A)

6 m

50,200 - 51,200 (C et E)

50,000 - 54,000 (A)

50,000 - 54,000 (A)

F

144-146 (A et G) Novice

144-146 (A et G) Novice

144-146 (A et G) Novice

144 - 146 (A)

H

2 m

V

146 - 148 (A)

146 - 148 (B et H)

1,35 m

Non allouée

220 - 225 (B)

Non allouée

430,000 - 433,750 (C)

T>E 435 - 438 (C et I)

430 - 434 (C)

émission interdite de

en région 1 et

70 cm

430 – 440 (C)

433,75 à 434,25 MHz

T>E 435 - 440 (C et I)

434 - 440 (B)

434,250 – 440,000 (C)

en région 2 et 3

FH 23 cm

1.240 - 1.300 (C)

1.240 - 1.300 (C)

1.240 - 1.300 (C)

T>E 1260-1300 (C et I)

U

2.400 - 2.450 (C, l et *)

en région 1 et

13 cm

2300 - 2450 (C, H et *)

2300 - 2450 (C, H et *)

2300 - 2450 (C, H et *)

2.415 - 2.450 (C, l et *)

en région 2 et 3

9 cm

Non allouée

3.300 - 3.500 (C)

3.300 - 3.500 (C)

3.400 - 3.500 (C et l)

T>E 5650-5725 (C et l)

5 cm

5.650 - 5.850 (C)

5.650 - 5.925 (C)

5.650 - 5.850 (C)

E>T 5830-5850 (C)

FH

10.000 - 10.450 (C)

10.000 - 10.450 (C)

10.000 - 10.450 (C)

S

3 cm

10.450 - 10.500 (A et F)

10.450 - 10.500 (A et F)

10.450-10.500 (A et F)

10.450 - 10.500 (A)

24.000 - 24.050 (A)

24.000 - 24.050 (A)

24.000 - 24.050 (A)

24.000 - 24.050 (A)

1,2 cm

24.050 - 24.250 (C)

24.050 - 24.250 (C)

24.050 - 24.250 (C)

6 mm

47.000 - 47.200 (A)

47.000 - 47.200 (A)

47.000 - 47.200 (A)

47.000 - 47.200 (A)

76.000 - 77.500 (C)

76.000 - 77.500 (C)

76.000 - 77.500 (C)

76.000 - 77.500 (C)

4 mm

77.500 - 78.000 (A)

77.500 - 78.000 (A)

77.500 - 78.000 (A)

77.500 - 78.000 (A)

78.000 - 81.500 (C)

78.000 - 81.500 (C)

78.000 - 81.000 (C)

78.000 - 81.500 (C)

FH 2,4mm 122.250 - 123.000 (C)

122.250 - 123.000 (C)

122.250 - 123.000 (C)

E

134.000 - 136.000 (A)

134.000 - 136.000 (A)

134.000 - 136.000 (A)

134.000 - 136.000 (A)

2 mm

136.000 - 141.000 (C)

136.000 - 141.000 (C)

136.000 - 141.000 (C)

136.000 - 141.000 (C)

241.000 - 248.000 (C)

241.000 - 248.000 (C)

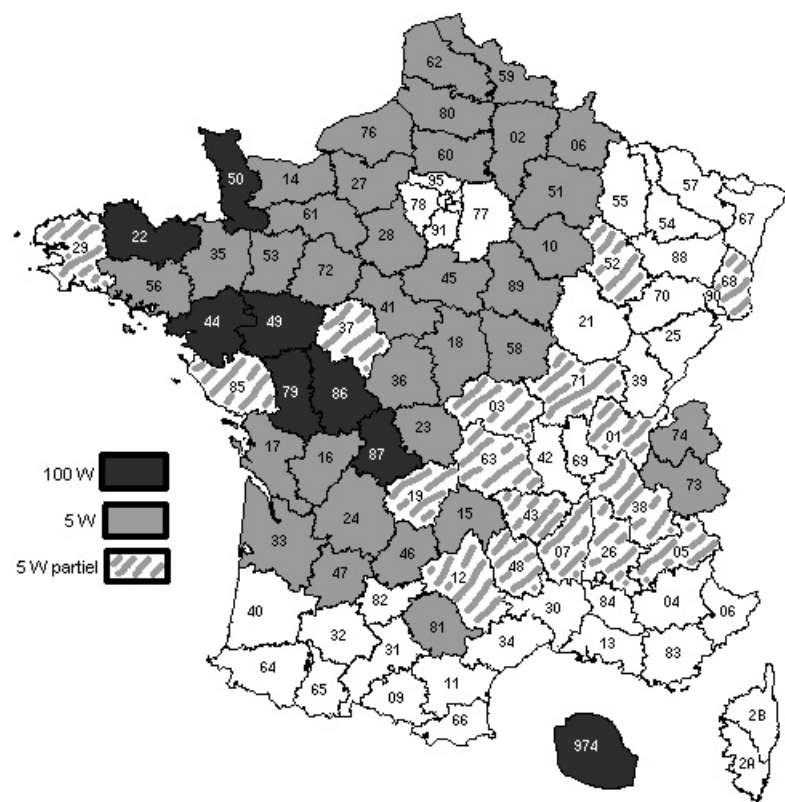
241.000 - 248.000 (C)

241.000 - 248.000 (C)

1,2mm

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, renvois D à I de l'annexe 1 de la décision ARCEP 10-0537) :

D La bande 135,7 kHz à 137,8 kHz, dite bande des **2222 mètres**, est ouverte au service amateur à titre secondaire avec une puissance maximum PIRE (voir § R-5.2) de 1 watt (*note F002a du TNRBF et disposition S5-67A du RR*).

E En Région 1, la bande **50,2 – 51,2 MHz** est ouverte au trafic aux conditions particulières suivantes :

- 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, voir §R-4.3) n'est pas autorisée.

- les zones sont 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.** Avant 1997, des **autorisations individuelles d'utilisation** de cette bande avaient été notifiées à titre personnel à certaines stations. Ces autorisations continuent d'être valables dans les conditions et à l'adresse notifiées à l'origine.

Avant avril 2010, le CSA, seul assignataire de cette bande, avait accordé une dérogation à titre précaire et révoquant au service d'amateur. Avec la modification du TNRBF d'avril 2010, l'ARCEP devient assignataire secondaire. Pour autant, les conditions particulières d'exploitation de cette bande n'ont pas été modifiées.

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 Tam, 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-Montéclin 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).

F Les installations des radioamateurs français ne doivent pas causer de brouillage préjudiciable aux stations étrangères du service de radiolocalisation qui, selon le RR, ont sur cette bande un **statut primaire à égalité de droits** (note 6 du chapitre 3 du TNRBF)

G Le **Ministre de la défense** peut utiliser ces bandes pour des « **besoins intermittents** pour son service mobile en statut secondaire avec une puissance rayonnée maximale de 12 dBW », soit environ 15 watts PAR (note F017 du chapitre 3 du TNRBF)

H 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, de 2310 à 2360 MHz en région 2 et de 146 à 148 MHz en région 3, l'émission est autorisée sous réserve d' **autorisation précaire et révoicable** du Ministère de la Défense (notes 2, 3, 4 et 5 du chapitre 3 du TNRBF).

I Le **service d'amateur par satellite peut fonctionner** dans les bandes 435-438 MHz (435-440 en région 2 et 3), 1260-1270 MHz, 2400-2450 MHz, 3400-3410 MHz (allouée 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 et tout brouillage préjudiciable causé par les émissions d'un satellite doit être immédiatement éliminé (disposition S5-282 du RR reprise dans le TNRBF)

* Le TNRBF et le Registre des Utilisations de Fréquences étendent la bande des 13 cm **jusqu'à 2.460 GHz** en Région 2 et 3, à la Réunion et à Mayotte (y compris pour le trafic satellite) avec un statut secondaire.

Exemples : Quelles sont les limites de la bande des 17 mètres ?

Réponses : 18.068 à 18.168 kHz

Quelle est la largeur de la bande des 14 MHz ?

350 kHz

Quel est le statut de la bande 1240-1300 MHz ?

partagé (service secondaire)

Quel est le statut de la bande 10,100 à 10,150 MHz

statut C

Quelles sont les limites de la bande « Satellite » sur la bande des 2 mètres ?

144 à 146 MHz

Quelle est la puissance maximum autorisée pour le trafic en mobile avec une

antenne quart d'onde verticale sur 51 MHz dans le département de la Somme ? 0 W (trafic en mobile interdit)

- 17 -

R-2.2) Puissances et classes d'émission autorisées (annexes 1 et 2 de la décision ARCEP 10-0537) : Certificat

Bandes de fréquences

Puissance maximum

Classes d'émission autorisées

Classe 1 et

Toutes les bandes des

< 28 MHz : 500 W

Toutes classes (voir liste au §R-1.2)

Classe 2

services d'amateur et

28 à 30 MHz : 250 W

sauf pour les « classe 2 » : A1A, A2A,

(CEPT)

d'amateur par satellite

> 30 MHz : 120 W

F1A, F2A, J2A en dessous de 30 MHz

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, F2A et J2A) **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 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 ne limite pas le **gain des antennes**, sauf sur 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. Compte tenu des puissances autorisées, 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. 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. Pour les installations de 1ère 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.

L'article L421-1 du Code l'Urbanisme (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 ». *Avant octobre 2007, les antennes de plus de 4 mètres ou dont le réflecteur mesure plus d'un mètre étaient aussi concernées.*

Aujourd'hui, les antennes, quelles que soient leurs dimensions, ne sont soumises à aucune formalité.

Toutefois, les installations suivantes sont soumises à des procédures particulières nécessitant un avis favorable de l'Architecte des Bâtiments de France qui sera joint au dossier :

- 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) et est consultable au service de l'urbanisme de la Mairie concernée.

En cas de trafic en portable, quelque soit le lieu, 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.

La loi 66-457 reconnaît le « droit à l'antenne » pour les radioamateurs habitant en immeuble collectif. En effet,

« 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 (...) des travaux d'installation, d'entretien ou de remplacement et des conséquences que pourrait comporter la présence des antennes en cause ». Cette loi s'applique aux propriétaires comme aux locataires ou à tout autre occupant.

- 18 -

3) ALPHABET INTERNATIONAL et CODE Q

R-3.1) Table d'épellation internationale et code Morse : (annexe I de l'arrêté du 21/09/00), la table d'épellation des chiffres n'est pas à connaître (et n'est pas utilisée par les radioamateurs). Le code Morse est donné à titre d'information pour les candidats se préparant au certificat d'opérateur de classe 1. Les questions portant sur les épellations de lettres ou d'indicatifs d'appel forment **une des 10 familles** de questions de réglementation. La table d'épellation des lettres étant internationale, ce sont l'orthographe et la prononciation anglaise des mots qui sont utilisées. *Toutefois, le texte français donne, pour la lettre Z, l'orthographe française (Zoulou) alors que les textes internationaux et européens utilisent l'orthographe anglaise (Zulu).*

A

ALFA

--

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

ZOULOU (zulu)-----

1

Unaone

2

Bissotwo

3

Terrathree

4

Kartefour

5

Pantafive

6

Soxisix

7

Setteseven

8

Oktoeight

9

Novenine

0

Nadazero

=

+

/

barre de fraction -----

(VA) fin de transmission -----

(AS) attente

[.]

point

[,]

virgule

?

point d'interrogation -----

erreur

----- [']

apostrophe

Exemple : Comment épelle-t-on « F5PTC » ?

Réponse : Foxtrot 5 Papa Tango Charlie

Ces tables d'épellation (Appendice A14 du RR) ont été adoptées par l'UIT en 1956. Auparavant, les analogies d'épellation des lettres 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, etc. Seul le Q de Quebec a été repris dans la nouvelle table d'épellation.

R-3.2) Abréviations en code Morse et en code Q (annexe I de l'arrêté du 21/09/00) **Abréviations en code Morse** : le texte précise que ces **15 abrégés** doivent être connus uniquement pour l'examen de classe 1 (radiotélégraphiste). Toutefois, des questions ont été recensées à l'examen de classe 3.

AR (collé) : Fin de transmission

BK : (Break) signal utilisé pour interrompre une transmission en cours **CQ** : Appel généralisé à toutes les stations

CW : (Continuous Waves) onde entretenue – Télégraphie

DE : utilisé pour séparer l'indicatif d'appel de la station

K : Invitation à émettre

MSG : Message

PSE : (Please) s'il vous plaît

R : Reçu

RST : Lisibilité, force du signal, tonalité (Report)

RX : Récepteur

SIG : Signal

TX : Emetteur

UR : (Your) votre

VA (collé) : Fin de vacation

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 ...

Voulez-vous m'indiquer ma fréquence

Votre fréquence exacte (ou la fréquence exacte

QRG

exacte (ou la fréquence exacte de ...)

de ...) est de ... kHz (ou MHz)

QRH

Ma fréquence varie-t-elle ?

Votre fréquence varie.

L'intelligibilité de vos signaux (ou des signaux de ...)

Quelle est l'intelligibilité de mes signaux

QRK

est : 1 : mauvaise ; 2 : médiocre ; 3 : assez bonne ;

(ou des signaux de ...) ?

4 : bonne ; 5 : excellente

QRL

Êtes-vous occupé ?

Je suis occupé (avec...). Prière de ne pas brouiller

Je suis brouillé :

QRM

Êtes-vous brouillé ?

1 : Je ne suis nullement brouillé ; 2 : faiblement ;

3 : modérément ; 4 : fortement ; 5 : très fortement

Je suis troublé par des parasites :

1 : Je ne suis nullement troublé par des parasites ;

QRN

Êtes-vous troublé par des parasites ?

2 : faiblement ; 3 : modérément ; 4 : fortement ;

5 : très fortement

Dois-je augmenter la puissance

QRO

Augmentez la puissance d'émission.

d'émission ?

- 19 -

ABRÉVIATION

QUESTION

RÉPONSE OU AVIS

Dois-je diminuer la puissance

QRP

Diminuez la puissance d'émission.

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).

La force de vos signaux (ou des signaux de ...) est :

Quelle est la force de mes signaux (ou

QSA

1 : à peine perceptible ; 2 : faible ; 3 : assez bonne ;

des signaux de ...) ?

4 : bonne ; 5 : très bonne

QSB

La force de mes signaux varie-t-elle ?

La force de vos signaux varie.

Pouvez-vous me donner accusé de

QSL

Je vous donne accusé de réception

réception ?

Pouvez-vous communiquer avec ...

Je puis communiquer avec ... directement (ou par

QSO

directement (ou par relais) ?

l'intermédiaire de ...).

Voulez-vous retransmettre à ...

QSP

Je peux retransmettre à ... gratuitement.

gratuitement ?

Dois-je passer à la transmission sur une

Passez à la transmission sur une autre fréquence (ou

QSY

autre fréquence ?

sur ... kHz [ou MHz]).

Quelle est votre position en latitude et

Ma position est ... latitude ... longitude (ou d'après

QTH

en longitude (ou d'après tout autre

tout autre indication).

indication) ?

QTR

Quelle est l'heure exacte ?

L'heure exacte est ...

Les questions d'examen portant sur ces abréviations forment **une des 10 familles** de questions de réglementation.

Les abréviations en code Q sont issues de la recommandation T/R 61-02 (programme HAREC). 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 :

RX : Récepteur

QRO ? : Dois-je augmenter ma puissance d'émission ?

QRU ? : Avez-vous quelque chose pour moi ?

QRO : Veuillez augmenter votre puissance d'émission.

QRU : Je n'ai rien pour vous.

QRG ? : Voulez-vous m'indiquer ma fréquence exacte ?

QSA ? : Quelle est la force de mes signaux ?

QRG 14050 : Votre fréquence exacte est 14050 (kHz).

QSA 5 : La force de vos signaux est très bonne.

Les abréviations à connaître sont celles utilisées pour les communications officielles. Elles peuvent avoir une autre signification dans le trafic radioamateur. Ainsi, **QRA, QSO, QSP et QTH** ont une définition plus restrictive et le sens de **QRK et QSA** est interverti 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 prend 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. Le code QSA donne la variable R et QRK donne le W. 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 radiomaritime. 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 : la recommandation M.1172 donne la signification de 77 abréviations (de QRA à QTZ excepté QST). Une partie de ces abréviations et d'autres séries de codes Q

concernent exclusivement le service radiomaritime. Enfin, il existe aussi le code Z utilisé par les militaires.

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".

Proposé par Marconi en 1904 et généralisé dès 1908 dans le trafic radiomaritime, le code CQ demandait l'attention de tous les navires (CQ pour « Sécurité », mot français toujours en vigueur 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".

- 20 -

R-3.3) Déroulement d'un contact :

TÉLÉGRAPHIE

TÉLÉPHONIE

3 fois au plus l'indicatif appelé DE (---) 3 fois au plus l'indicatif appelé en utilisant la table Appel

3 fois au plus l'indicatif de sa propre station d'épellation internationale "IC"

d'une

cette séquence peut être répétée 10 fois

3 fois au plus l'indicatif de sa propre station

station

+ K (- - - - -)

"RÉPONDEZ"

S'il n'y a pas de réponse, attendre 5 minutes avant de recommencer l'appel Appel

Idem ci-dessus sauf que CQ (- - - - Idem ci-dessus sauf que « APPEL A TOUS" à la place général - - - -) à la place de l'indicatif appelé de l'indicatif appelé

Réponse Indicatif de la station qui a appelé ou "QRZ" Indicatif de

la

station

qui

a

appelé

ou

à un

(Qui m'appelle?)

"QUI M'APPELLE ?"

appel

"DE" Indicatif de sa propre station "+ K"

"ICI" Indicatif de sa propre station ;"RÉPONDEZ"

Fin de

Indicatif de sa propre station suivi du signe Indicatif de sa propre station liaison

VA (- - - - -)

"TERMINÉ"

Identique à l'appel d'une station sauf que "MAYDAY" à

Signaux Identique à l'appel d'une station sauf que la place de l'indicatif appelé (vient du français « Venez de

SOS (- - - - -) à la place de l'indicatif m'aider » mal compris par les anglophones lors du détresse appelé

premier signal de détresse émis en téléphonie)

Les procédures de trafic en télégraphie décrites dans la recommandation UIT M-1677 sont établies pour le service radiomaritime et se rapprochent des procédures décrites ci-dessus qui sont issues de l'arrêté du 1/12/83, abrogé par la décision ART 97-454. Les procédures de détresse (Appendice A13 du RR) utilisent en téléphonie des expressions en français (ou adaptée du français). A l'examen, aucune question ne porte sur ces procédures.

L'article 4 de la décision ARCEP 10-0537 impose à l'utilisateur d'une installation de radioamateur de :

- S'assurer que ses émissions **ne brouilleront pas** des émissions déjà en cours (*article 4-f*) ;

- S'**identifier**, par son indicatif personnel, au début et à la fin de toutes périodes d'émission de son installation (*article 4-g*) ;

- Ne pas utiliser une fréquence **en permanence** (*article 4-h*) ;

- Ne pas brouiller volontairement des émissions en cours (*article 4-i*) ;

- Effectuer ses transmissions en **langage clair** ou dans un code reconnu par l'UIT, les émissions qui nécessitent des **installations dédiées** sont interdites (*article 4-d*) ;

- Ne pas procéder à des émissions effectuées selon des procédés spéciaux ne permettant pas à l'administration la réception et la compréhension des messages. Dans ce but, l'ANFR peut demander des informations concernant les **logiciels et protocoles utilisés** (*annexe 2 à la décision*

L'utilisation de deux fréquences différentes, l'une pour l'émission, l'autre pour la réception (trafic en mode

« split » (même bande) ou « cross-band » (bande différente), trafic via relais ou transpondeur) est autorisée sous réserve d'émettre dans les conditions autorisées par la classe d'opérateur (classe d'émission, puissance et bande) et de préciser le mode de transmission et la fréquence utilisée par le correspondant (en général, la fréquence que l'on écoute) avec une précision suffisante (*annexe 4 à la décision ARCEP 10-0537*). Peu importe que le relais retransmette le message d'un opérateur Novice sur une bande qui ne lui est pas attribuée du moment que l'opérateur utilise sa station avec une classe d'émission, une fréquence et une puissance autorisées.

R-3.4) Teneur des messages : la disposition S25.2 du RR limite les messages transmis aux « communications **en rapport avec l'objet du service d'amateur** (...) et à des remarques d'un caractère purement personnel ».

L'article 7 de la décision ARCEP 10-0537 précise que « sauf en cas de catastrophe, les installations de radioamateurs ne peuvent être utilisées pour établir des radiocommunications de secours. Les **radioamateurs bénévoles** participant ne reçoivent aucun dédommagement sous quelque forme que ce soit ».

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 (et pas ceux des tiers sauf dans le cas des opérations de secours), radioguidage (toutefois, le radioguidage est interdit sur les relais sauf, occasionnellement, pour les manifestations amateurs). Quelques questions portant sur ce sujet ont été recensées.

Bien que l'écoute soit libre, le **secret des correspondances** captées volontairement ou non doit être conservé.

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 (...) 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 ».

Pour les transmissions en Fax, SSTV ou TV, l'annexe 5-9 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.

- 21 -

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) 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 soit à pages numérotées et non détachables, soit tenu à jour informatiquement ou, pour les handicapés ou les non-voyants, par d'autres procédés adaptés (*article 9 et annexe 4 de la décision ARCEP 10-0537*).

R-4.2) L'exploitation d'une station se différencie par le suffixe utilisé après l'indicatif d'appel de l'opérateur :

- en **station fixe**, l'opérateur émet avec son indicatif d'appel sans suffixe depuis son **domicile fiscal principal** déclaré à l'ANFR. Celle-ci (plus précisément le pôle administratif de Saint Dié des Vosges) doit être informée de tout **changement de domicile dans les 2 mois** (*article 4-c de la décision ARCEP 10-0537*).

Le document présenté à l'annexe V de l'arrêté du 21/09/00 modifié (modèle de notification d'indicatif d'appel) indique que « pour une utilisation en portable, mobile ou maritime mobile, l'indicatif d'appel est complété de la lettre /P, /M ou /MM » sans plus de précision. Ces cas particuliers d'exploitation sont ainsi définis :

- une station **transportable** est une station construite de manière à être déplacée mais ne peut pas fonctionner pendant son transport. L'opérateur 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 ou la station d'un autre radioamateur 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 (DGAC et non pas de l'Arcep). L'opérateur 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 Cinq Alfa Bravo Charlie Mobile ».

- l'opérateur émettant 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** ». Une station installée sur un bateau situé dans les eaux territoriales et, a fortiori, sur un fleuve ou à quai dans un port est assimilée à une station mobile (/M). Les installations radioélectriques à bord des navires relèvent de l'autorité des capitaines (*art D406-12 du CP&CE*).

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-k de la décision ARCEP 10-0537 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. Toutefois, l'article R20-3

précise que cette exigence ne s'applique pas aux **constructions personnelles** réalisées « par des radioamateurs (...) non disponibles dans le commerce ; les ensembles de pièces détachées à assembler [kits] 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).

L'article 5 de l'arrêté du 17/12/07 modifié prévoit que les **installations fixes** dont la **PAR** (puissance apparente rayonnée) est **supérieure à 5 watts** sont **soumises à déclaration**. Les stations portables et mobiles ne sont pas concernées par cette déclaration à transmettre à l'ANFR **dans les 2 mois suivant l'installation** et qui comprend :

- l'adresse de la station (définissant ainsi le préfixe attribué) ;
- ses coordonnées géographiques en degrés, minutes et secondes au format « WGS84 » ;
- la PAR maximum utilisée dans les 4 gammes d'onde HF, VHF, UHF et SHF.

Cette déclaration peut s'effectuer par Internet à partir du site <http://amatpres.anfr.fr/>.

L'article 5 de la décision ARCEP 10-0537 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 qualifie un réseau indépendant de « réservé à l'usage d'une ou plusieurs personnes constituant un groupe fermé d'utilisateurs » (« Echolink », par exemple).

Le matériel d'émission détenu n'a pas à être déclaré. Celui de réception non plus puisque l'écoute est libre mais l'article 226-15 du code pénal (atteinte au secret des correspondances), précise que la détention d'« appareils permettant l'analyse du spectre radioélectrique ou son exploration (...) 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...

- 22 -

R-4.3) 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

ou 2. 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/F6GPX en CW ou « Foxtrot 6 Kilo Golf Lima opéré par Foxtrot 6 Golf Papa X-ray »). L'utilisateur de la station 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 (*annexe 4 de la décision ARCEP 10-0537*). *La notion d'opérateur supplémentaire a disparu en 1997.*

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, des 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 et, en cas de brouillages persistants, des mesures appropriées proposées par l'ANFR peuvent être imposées (*art. 8 et annexes 3 et 4 de la décision 10-0537*).

R-4.4) Sanctions : le nouvel article 7-3 de l'arrêté du 21/09/00 modifié a rétabli les sanctions et prévoit qu'« en cas de manquement (...), **l'indicatif attribué** par l'administration **peut être suspendu** pour une durée maximum de trois ans **ou révoqué**. La décision de suspension ou de révocation est motivée, proportionnelle à la gravité du manquement et notifiée à l'intéressé. Elle est prise, dans le cadre d'une procédure contradictoire, par l'autorité administrative qui a délivré l'indicatif à son initiative, sur proposition de l'ANFR, de l'ARCEP, des départements ministériels chargé de la sécurité publique, de la justice, de la défense nationale ou à la vue de rapports d'infractions transmis par des administrations étrangères ou des organismes internationaux spécialisés ». La sanction ne peut donc pas être prise à la demande directe d'une personne ou d'une association.

En complément de cette sanction prise par le Ministre, il peut y avoir des sanctions pénales (prises par un tribunal après dépôt d'une plainte). 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 ». Le tribunal peut prononcer la confiscation du matériel ou ordonner sa destruction (*L39-6*) mais ne peut pas retirer l'indicatif de l'opérateur condamné. 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*).

Mais, pour qu'un tribunal prenne une sanction pénale, il faut qu'une infraction soit constatée. L'article **L40 du CP&CE** précise qu'« 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 ». Dans la pratique, 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 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 délivrée par un juge.

En cas de fraude à l'examen, l'arrêté du 01/12/83 (abrogé en 1997) prévoyait l'annulation de l'épreuve, le candidat ne pouvant se représenter avant un an. Depuis 2009, le rétablissement des sanctions permet à l'administration de demander la suspension ou la révocation de l'indicatif d'appel du fraudeur.

En cas de plainte pour brouillage (TV en particulier), l'ANFR intervient 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 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.

R-4.5) Les modalités de l'examen sont fixées par l'article 3 de l'arrêté du 21/09/00. Quelques questions portent sur le déroulement des épreuves, y compris celle de télégraphie.

Pour passer l'examen, **il n'y a plus d'âge minimum** depuis l'arrêté du 21/09/00.

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 au maximum 4 fautes à chacune des deux parties de l'épreuve. La vitesse de manipulation est de 12 mots par minute.

Après avoir réussi l'examen, il faut attendre de recevoir l'indicatif d'appel, seul document autorisant l'émission.

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.

- 23 -

Si le candidat a un **taux d'incapacité physique permanente (IPP)** supérieur ou égal à 70%, les épreuves sont adaptées à son handicap, le **temps de l'examen est triplé** et l'épreuve peut se dérouler au domicile du candidat.

Certains **certificats militaires** peuvent dispenser les titulaires de l'épreuve de télégraphie uniquement.

Les **frais d'examen** sont de 30 € (*en 2010, tarif inchangé depuis 1991 quel que soit le nombre d'épreuves*).

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 4 (grille de codification des indicatifs des services d'amateur) de l'arrêté du 21/09/00 modifié. Le **domicile fiscal principal** du titulaire de l'indicatif détermine le préfixe de la station.

Tous les indicatifs d'appel sont notifiés par le Ministre chargé des communications électroniques ou par le Haut Commissaire de la République (HCR) en Nouvelle Calédonie et en Polynésie Française, par l'Administrateur supérieur à Wallis & Futuna et dans les Terres Australes Antarctiques Françaises ou par le Préfet à Mayotte.

Le **préfixe** des stations domiciliées en **France continentale est la lettre F**.

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)

TK : Corse (1)

FK : Nouvelle Calédonie (3)

FH : Mayotte (DOM en 2011 - 1)

FJ : St Barthélemy (2)

FP : St Pierre & Miquelon (2)

FS : St Martin (2)

FO : Polynésie Française (3) et Clipperton (2)

FT : Terres Australes Antarctiques Françaises : Crozet et, depuis 2007, îles Eparses (Glorieuse, Bassas da India, Juan de Nova, Europa et Tromelin) (1), Kerguelen, St Paul & Amsterdam et Terre Adélie (3) **FW** : Wallis & Futuna (3)

FX : Satellites français du service amateur

Le **suffixe**, propre à chaque station, commence par 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 (et radio-club).

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 en France Continentale.

Pour les indicatifs d'appel individuels des DOM et de la Corse, seuls les chiffres 0 (classe 3), 1 (classe 2) et 5 (classe 1) sont attribués. Dans les TOM, les chiffres attribués sont : 0, 1, 4, 5 et 8.

Après le chiffre, le suffixe attribué à chaque station comporte **deux à quatre lettres** : **AAA à UZZZ** et **AA à ZZ** sont affectés aux indicatifs d'appel individuels ; Dans les DOM-TOM et en Corse, seule la série à 2 lettres (AA à ZZ) a été attribuée.

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

Toutefois, quelques suffixes à 3 lettres ont été attribués à des radio-clubs dans les DOM-TOM.

VAA à VZZ sont affectés aux amateurs de l'Union Européenne installés pour plus de trois mois en France ; **WAA à WZZ** sont affectés aux amateurs étrangers hors UE installés pour plus de trois mois en France ; **XAA à XZZ** et **YAA à YZZ** sont en réserve et peuvent être attribués si le besoin est constaté par l'administration. *Jusqu'en 2009, la série XAA était réservée aux balises et la série YAA était réservée aux stations répétitrices numériques (Nodes). Quelques indicatifs d'appel de ces séries ont été attribués ; ZAA à ZZZ* sont affectés aux stations répétitrices (Relais analogiques ou numériques) et aux balises.

Ainsi, les indicatifs individuels d'appel de France continentale se présentent sous les formes suivantes : F0AAA, F1AA, F1AAA, F2AA, F3AA, F4AAA, F4AAAA (si le besoin est constaté par l'administration, aucun indicatif de ce type n'a encore été attribué), 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, FM5KA, FG4ZAA.

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

F4VAA est attribué à un radioamateur originaire d'un pays membre de l'UE installé plus de 3 mois en France et ayant un certificat d'opérateur équivalent à la classe 2 française (pas d'épreuve de code Morse).

F8WAA est attribué à un radioamateur hors Union Européenne installé pour plus de 3 mois et ayant un certificat d'opérateur HAREC équivalent à la classe 1 française.

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 selon le cas .

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/F0ABC/M.

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

Les **indicatifs spéciaux**, délivrés sur demande motivée pour une durée maximum de 15 jours non consécutifs pendant une période de 6 mois, sont réattribuables et composés du préfixe **TM** pour la France continentale, **TK**

en Corse, **TO** dans les DOM et à St Pierre & Miquelon, Mayotte, St Martin et St Barthélemy ou **TX** dans les autres TOM. 2 à 5 caractères au choix du demandeur forment le suffixe. Le premier caractère est un chiffre et le dernier une lettre (*art. 7 et ann. 4 de l'arrêté du 21/09/00 modifié, 24 € par demande en 2009 et depuis 1991*).

- 24 -

Exemple : à la demande d'une station pour un évènement, l'administration délivrera l'indicatif spécial TM9A. Cet indicatif spécial pourra être utilisé 7 week-ends (samedi et dimanche) pendant une période de six mois.

L'administration pourra aussi délivrer des indicatifs sous la forme : TO9AA, TX99A, TM9AAAA ou TK999AA.

L'attribution des indicatifs est subordonnée au **paiement préalable des taxes** en vigueur (*taxe annuelle : 46 € en 2010, tarif inchangé depuis la loi de finances rectificative de 1991*). Les indicatifs d'appel restent la propriété de l'État et **ne sont pas transmissibles**. Sauf nécessité

constatée par l'administration, **les indicatifs à suffixe de deux lettres disponibles ne sont pas réattribués** (article 7 de l'arrêté du 21/09/00 modifié).

Le titulaire qui ne souhaite plus utiliser son indicatif d'appel peut demander la **suspension volontaire** à l'ANFR

(article 7-4 de l'arrêté du 21/09/00 modifié). Après 10 ans de suspension volontaire, l'indicatif pourra être réattribué. Lorsque le titulaire souhaite réutiliser son indicatif, il joint à sa demande le règlement de la taxe annuelle et le courrier accusant réception de sa demande de suspension.

L'ANFR gère et publie sur son site Internet l'**annuaire des radioamateurs** qui comporte les noms, prénoms, indicatifs et adresses des radioamateurs autorisés. Chacun peut s'opposer à tout moment à ce que figurent dans cet annuaire les informations nominatives le concernant à l'exception de son indicatif personnel (liste orange). Si les renseignements sont déjà publiés au moment de la demande de figurer sur la liste orange, un nouvel indicatif ayant la même structure alphanumérique peut être attribué (article 7-5 de l'arrêté du 21/09/00 modifié).

R-4.7) Utilisation de l'autorisation d'émettre dans les pays de la CEPT : les **radioamateurs** originaires des pays appliquant la recommandation T/R 61-01 ou des pays ayant signé un accord d'Etat à Etat avec la France peuvent trafiquer en France **pour un séjour de moins de 3 mois** sans formalité. L'indicatif utilisé sera formé du préfixe français selon la localisation géographique (F, FY, TK, etc.) suivi d'une barre de fraction, de l'indicatif personnel du pays d'origine et du suffixe /P ou /M (art 7-2 de l'arrêté du 21/09/00 modifié).

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

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, 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 selon le cas (§ 2.3 de l'annexe I à la 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 Alfa Bravo Charlie Mobile ».

Liste des pays membres de la CEPT (et de leurs dépendances) avec les préfixes à utiliser entre parenthèses. Les 27 pays membres de l'Union Européenne sont en gras : **Allemagne** (DL), Andorre (C3), **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), Moldavie (ER), Monaco (3A), Monténégro (4O), Norvège (LA) (Spitzberg-JW), **Pays Bas** (PA) **Pologne** (SP), **Portugal** (CT7, Açores-CT8, Madère-CT9), **Roumanie** (YO), **Royaume-Uni** (Mx, 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), **Suède** (SM), Suisse (HB9), **République Tchèque** (OK), Turquie (TA), Ukraine (UT), Cité du Vatican (HV). *Dans certains pays, il faut ajouter un chiffre correspondant à la localisation géographique.*

La CEPT comprend 48 pays. Or, les 5 pays suivants n'appliquent pas la T/R 61-01 ou n'ont pas donné d'information à l'ECO qui tient à jour cette liste pour le compte de la CEPT : Albanie (ZA), Azerbaïdjan (4K), Biélorussie (EW), Géorgie (4L), 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 et l'UIT ne lui a pas encore attribué de préfixe.*

Les questions portant sur la formation des indicatifs français (§ R-4.6) et sur les préfixes des pays européens et de leurs dépendances forment **une des 10 familles** de questions de réglementation. Notez que le Royaume-Uni utilise aussi le préfixe G (avec le même système de sous-localisation : GM pour l'Écosse), que la Fédération de Russie utilise aussi le préfixe UA et que le préfixe de l'ONU (et de l'UIT dont le siège est à Genève) est 4U.

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

Liste des 4 pays ayant conclu un accord d'Etat à Etat 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.*

- 25 -

Ces trois listes ont été mises à jour au 11/08/10 à partir de documents disponibles sur Internet. 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.

Pour **les séjours de plus de 3 mois en France**, les radioamateurs étrangers titulaires d'un certificat d'opérateur conforme à la recommandation CEPT T/R 61-02 (HAREC) ou originaires d'un pays ayant signé un accord avec la France doivent demander un indicatif d'appel temporaire (article 7-2 de l'arrêté du 21/09/00 modifié) et payer la taxe annuelle correspondante. Selon le pays d'origine, le suffixe de l'indicatif d'appel sera de la série VAA à VZZ ou WAA à WZZ (annexe 4 de l'arrêté du 21/09/00 modifié, voir § R-4.6). Malheureusement, tous les pays ne proposent

pas cette opportunité pour les séjours de longue durée. Dans de nombreux pays de la CEPT, les radioamateurs étrangers auront à repasser les examens locaux pour obtenir un indicatif du pays visité.

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 ni prévue pour les Novices français (opérateur de classe 3) ni pour les Novices étrangers visitant la France. Peu de pays de la CEPT appliquent ces textes et le préfixe à utiliser est parfois différent de celui utilisé pour l'application de la 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 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 sont 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 ; l'amiral russe Alexandre Popov invente un système d'antennes filaires dont il équipe ses navires et améliore le cohéreur en 1896. Mais tout ceci reste au stade d'expériences de laboratoire.

L'aventure de la radio commence réellement avec Guglielmo Marconi qui, en combinant les différents systèmes existants, réalise le premier système efficace de radiocommunication : liaison expérimentale sur 2 km à Bologne en 1896, sur 13 km au Pays de Galles en 1897 puis liaisons commerciales régulières trans-Manche à partir de 1899. Enfin, en décembre 1901 après des essais infructueux, 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 de Branly 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 dès 1903 et avec l'Est de la France en 1904. Cette année-là, Flemming met en évidence l'effet diode de la lampe à incandescence 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 sauve cette dernière de la démolition prévue pour son 20^{ème} anniversaire, en 1909, car l'antenne est tendue entre le baraquement et le sommet de la Tour. Le premier contact français entre amateurs qui n'avaient pas encore d'indicatifs d'appel eut lieu en 1907 à Orléans. Dans les années suivantes, les techniques se fiabilisent et les expérimentations se développent. En 1912 est créée la Direction de la TSF, rattachée au ministère des Travaux Publics. Lorsque la guerre éclate en 1914, la télégraphie militaire devient primordiale : les rapports et les ordres circulent rapidement et, dans les tranchées, les radiocommunications sont préférées aux lignes téléphoniques qu'il faut constamment maintenir. 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. 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, la Direction de la TSF délivre le 13 juillet 1921 la première autorisation d'émission d'amateur sous l'indicatif « 8AA » à André Riss de Boulogne sur Mer. 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). 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 (Léon Deloy de Nice) et 1MO (Fred Schnell d'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 18 avril 1925 (et du REF le même jour), l'émission d'amateur se structure. Le développement des contacts intercontinentaux amène l'IARU à instaurer à partir du 1^{er} 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.

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. Le premier ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones est créé le 21/02/1930 ; la Direction de la TSF y est rattachée. Les conditions techniques des stations et de délivrance des certificats d'opérateur sont précisées dans deux arrêtés publiés le 10 novembre 1930. Ces deux textes resteront en vigueur

sans modification majeure jusqu'en 1983. En 1932, la conférence de Madrid procède à la refonte des préfixes de nationalité avec des FM-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

- 26 -

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 8ème Génie comme opérateurs radio. L'émission d'amateur est à nouveau autorisée le 14 juin 1946 mais les opérateurs doivent obligatoirement connaître le Morse conformément au RR de l'UIT, 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. La Direction de la TSF prend le nom plus moderne de Direction des Services Radioélectriques (DSR). 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 1959, le RR est modifié et dispense les opérateurs exploitant des fréquences supérieures à 144 MHz de l'examen de télégraphie. Cette disposition est transcrite en droit français par le décret du 12/03/62 avec la création du nouveau certificat d'opérateur " Téléphoniste " qui se voit attribué 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). Lors de la conférence de Malaga-Torremolinos de 1973, l'exemption de l'examen de morse est étendue à toutes les fréquences supérieures à 30 MHz, ce qui ne change pas grand-chose pour les radioamateurs français car, à cette époque, aucune bande n'est allouée entre 30 et 144 MHz. Fin 1973, la DSR est regroupée au sein de la Direction des Télécommunications du Réseau International (DTRI), nouvellement créée et toujours rattachée au Ministère des Postes. En 1980, la DTRI est renommée Direction des Télécommunications des Réseaux Extérieurs (DTRE). En 1982, avec l'arrivée au pouvoir de François Mitterand, 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 Morse, toujours à 10 mots par minute, sans manipulation). L'examen se compose de deux parties : réglementation et technique. Il est réussi si la moyenne pondérée des deux épreuves est atteinte avec une note minimum de 10/20 en réglementation et 8/20 en technique. Il est prévu la création de deux certificats d'opérateur novices (groupes A et B) une fois précisés les conditions techniques et le programme des épreuves par une instruction, laquelle ne sera publiée qu'en 1989. 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). Issue de la première cohabitation, la loi du 30/09/86 crée la CNCL (Commission Nationale de la Communication et des Libertés) au moment de la privatisation de TF1 et de l'apparition de nouvelles chaînes de télévision privées. La tutelle des radioamateurs, exercée depuis l'origine par une direction du ministère des postes et télécommunications, est confiée à la CNCL qui gère les « stations radioélectriques privées de toute nature ». Dans le mouvement de l'alternance de 1988, la loi du 17/01/1989 crée le CSA (Conseil Supérieur de l'Audiovisuel) en remplacement de la CNCL mais la gestion des radiocommunications privées, dont hérite le CSA, n'a aucune place dans ses missions. La publication de l'instruction de 1989 permet la délivrance des premiers certificats d'opérateur novice (avec réglementation et technique allégée et, pour les graphistes novices, CW à 5 mots/mn). Il y a maintenant 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'en 1997. Avec la loi 90-1170 réglementant les télécommunications (LRT) du 29/12/90, le CSA est déchargé de la tutelle qui revient à la DRG (Direction de la Réglementation Générale, rattachée au ministère de l'industrie et créée en 1989 dans le cadre de la transformation de La Poste et de France Télécom en établissements publics). La DRG devient, en 1993, la DGPT (Direction Générale des Postes et Télécommunications). 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 (système encore en vigueur aujourd'hui). Ainsi, le téléphoniste F1ABC devient FC1ABC en 1989 ; ayant réussi l'examen de télégraphie, il devient FD1ABC 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. Trois décisions sont publiées par l'ART : 97-452 : fréquences et puissances autorisées, 97-453 : conditions techniques, 97-454 : organisation des examens. Ces textes apportent quelques

changements : il y a dorénavant 3 classes d'opérateur, dont une novice (classe 3, sans technique) avec des indicatifs d'appel de la série F0xxx ; les novices de la réglementation de 1989 dont le préfixe était FA ou FB sont reclassés respectivement en F1 ou F5 ; chacune des trois épreuves devient indépendante et la vitesse de l'examen de Morse passe à 12 mots/mn, comme le recommande le texte CEPT. Lorsque la série F1/F5 fut épuisée, en 1998, la série F4/F8 est attribuée. En 2000, un recours en Conseil d'État conduit à l'annulation des décisions ART concernant les examens et les conditions techniques. Elles sont remplacées par la décision ART 00-1364 (conditions techniques) et l'arrêté du Premier Ministre du 21/09/00

(organisation et programme des examens). Pendant la procédure qui dura près d'un an, les centres d'examen furent fermés. 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. En octobre 2008, après 23 ans de bons et loyaux services, le Minitel, utilisé pour l'examen de réglementation et de technique, est abandonné. L'épreuve se déroule désormais sur un micro-ordinateur à partir d'un navigateur Internet.

Début 2009, la DGCIS (Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services, rattachée au Minefe) reprend les missions confiées à la DGE. Des textes « toilettés » pour être en conformité avec les autres textes français et internationaux sont publiés au JO du 11/02/09. Ils se composent de la modification de l'arrêté du 21/09/00 (attribution et retrait des indicatifs d'appel par le ministre chargé des communications électroniques) et de l'arrêté du 17/12/07 (déclaration à l'ANFR de la PAR maximum utilisée par gamme d'ondes), d'un avis d'homologation de la décision ARCEP 08-0841 du 24/07/08 fixant les conditions d'utilisation des stations radioamateurs et d'un arrêté fixant des conditions d'utilisation similaires dans les TOM non gérés par l'Arcep. La décision 10-0537 remplace la décision 08-0841 et autorise le trafic de 7,1 à 7,2

MHz en région 1 à compter de juillet 2010 avec plus d'un an de retard sur le planning retenu par l'UIT (ouverture au plus tard le 29/03/09).

- 27 -

Section B et 5) Connaissances techniques de base

Attention, ne négligez pas cette partie du programme car il y a systématiquement 6 questions sur ce chapitre.

R-5.1) Puissances, rapports de puissance et décibels (dB) - voir aussi Technique § 4.1

La puissance d'émission est issue d'amplificateurs successifs et s'exprime en watts (symbole W). Le **décibel** (symbole 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 x 4 = 60 W.

Un amplificateur ayant un gain de 6 dB multiplie par 4 la puissance présente à son entrée. Un gain de 0 dB

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

20 W

P = ?

Exemples :

Dans les schémas, le triangle représente un circuit amplifi-

8 W

cateur ou atténuateur dont le gain est indiqué en dB

- 6 dB

Réponse : rapport = $8 / 4 = 2$, soit 3 dB

4 W

dB = ?

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

Si le gain exprime un rapport de tensions, le gain est doublé par rapport aux mêmes valeurs exprimées en watts.

Ainsi, un rapport de tension de 2 donnera un gain de 6 dB (le double d'un rapport de puissance de 2).

Exemple : soit 10 V en entrée et 12 dB de gain, Tension de sortie ? rapport = $x 4$ ($12\text{dB} / 2 = 6 \text{ dB}$) ; $U_s = 10 \times 4 = 40$ V

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)

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

Rendement (%) = (Puissance utile x 100) / Puissance consommée

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

Réponse : Rendement = $(\text{Puissance utile} \times 100) / \text{Puissance consommée} = (80 \times 100) / 120 = 8000 / 120 = 66,7\%$

La puissance consommée mais non émise est dissipée (perdue en chaleur) et est égale à 40 W (= 120 – 80).

R-5.2) Types et caractéristiques des antennes - voir aussi Technique § 9.1 et 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 sera souvent 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 ?

Réponses : $300 / 144 = 2,083$ mètres

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

$300 / 14,2 = 21,1$ MHz

Quelle est la fréquence d'une longueur d'onde de 3 cm ? $3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$; $300 / 0,03 = 10.000 \text{ MHz} = 10 \text{ GHz}$ Quelques notions sur les **gammes d'onde** doivent être connues : initiales de la gamme, adjectif qualificatif et étendue des 8 gammes d'ondes suivantes tant en longueur d'onde qu'en fréquence.

Gamme

Ondes

Plage de longueurs d'onde (λ)

Plage de fréquences

VLF

myriamétriques

plus de 10 km

moins de 30 kHz

LF

kilométriques

de 1 à 10 km

de 30 à 300 kHz

MF

hectométriques

de 100 m (= 1 hectomètre) à 1 km

de 300 kHz à 3 MHz

HF

décamétriques

de 10 m (=1 décamètre) à 100 m

de 3 à 30 MHz

VHF

métriques

de 1 à 10 m

de 30 à 300 MHz

UHF

décimétriques

de 10 cm (=1 décimètre) à 1 m

de 300 MHz à 3 GHz

SHF

centimétriques

de 1 à 10 cm

de 3 à 30 GHz

EHF

millimétriques

de 1 mm à 1 cm (= 10 millimètres)

de 30 à 300 GHz

- 28 -

Les plages de longueurs d'onde commencent aux longueurs correspondant au qualificatif. Par exemple, les ondes hectométriques (MF) commencent à 1 hectomètre (=100 mètres) et finissent à 1 hm, soit 1000 m ou 1 km. Les plages de fréquences sont converties à partir des longueurs d'onde grâce à la formule : $F(\text{MHz}) = 300 / \lambda(\text{m})$ **Exemples** : Quelles sont les longueurs d'onde couvertes par la gamme VHF ?

1 à 10 mètres

Quelles sont les fréquences couvertes par les ondes SHF ?

3 à 30 GHz

Dans quelle gamme d'onde doit être classée la fréquence 432 MHz ?

UHF

Comment sont qualifiées les ondes de la gamme HF ?

décamétriques

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 (=

$$L = \lambda / 2$$

$\lambda / 4$). L'antenne

idéale est isolée dans l'espace ou dans l'air, loin de toutes masses et du sol.

L'impédance (notée Z et donnée en Ω , ohms ; Ω : lettre grecque oméga **Z = 73 Ω**

majuscule) **au point d'alimentation** varie en fonction de l'angle que forment Doublet demi-onde

les brins : s'ils sont alignés, l'impédance est de 73 Ω ; s'ils forment un angle de 120°, Z = 52 Ω ; s'ils forment un angle droit (90°), Z = 36 Ω .

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 Dans une **antenne doublet demi-onde replié** (aussi appelée trombone),

$$L = \lambda / 2$$

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 300 Ω au point

d'alimentation lorsqu'il est placé au milieu de l'antenne.

$$Z = 300 \Omega$$

Doublet demi-onde replié

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

$\lambda / 4$

véhicule) afin de reconstituer électriquement le deuxième brin de

) =

l'antenne. L'impédance de cette antenne est de 36 Ω si le plan de sol ou la

(m

masse est perpendiculaire au brin rayonnant (schéma ci-contre). Si les **Z = 36 Ω**

L

radiants (ou la masse) forment un angle de 120° avec le brin rayonnant, Plan de sol

l'impédance de cette antenne est de 52 Ω .

Un brin plus court que le quart d'onde peut être utilisé, mais il faut dans ce cas rallonger Brin

artificiellement l'antenne grâce à une bobine (habituellement positionnée à la base du brin reconstitué par

ou au milieu de celui-ci) ou par une capacité terminale (au sommet de l'antenne). Le quart le plan de sol

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%. Ce coefficient varie selon le matériau utilisé. 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 pour le dipôle mais pas pour le trombone qu'il faudra au contraire rallonger. 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 : le **diagramme de rayonnement** de l'antenne Élément rayonnant = dipôle

doublet ressemble à un tore traversé par le dipôle. Le rayonnement est Réflecteur

maximum perpendiculairement aux brins. Il est nul dans le prolongement

Directeur

des brins. Si les deux demi-brins ne sont pas alignés ou si le sol est trop

près de l'antenne, le diagramme de rayonnement se déforme. De même, la

présence d'**éléments parasites** près du brin rayonnant déforme le lobe principal et concentre l'énergie 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

Direction du rayonnement

brin rayonnant diminue. Le gain obtenu par l'antenne dépend à la fois du

maximum

nombre d'éléments et de la distance entre ces éléments.

Le gain d'une antenne se mesure dans la direction maximum de rayonnement. Le gain se calcule en dB par rapport à l'antenne doublet (dBd) ou par rapport à l'**antenne isotropique** (dBiso). Celle-ci est une antenne idéale : un point qui rayonne et dont le lobe de rayonnement est une sphère. Le doublet a un gain de 2,14 dB par rapport à l'antenne isotropique. Les lobes de rayonnement se représentent dans le plan vertical (on fait une « coupe » du diagramme de rayonnement selon l'axe du rayonnement maximum) ou horizontal (le diagramme de rayonnement est représenté comme si on était au-dessus de l'antenne). Les diagrammes de rayonnement se représentent aussi

- 29 -

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-après, 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.

Rayonnement

vertical

(vu de côté)

Sol

Plan de sol

Rayonnement

horizontal

(vu du dessus)

Antenne isotropique Quart d'onde Doublet Beam Yagi **La puissance apparente rayonnée (PAR)** est la puissance d'alimentation de l'antenne multipliée par le rapport arithmétique correspondant au gain de l'antenne par rapport au doublet (il faut transformer les dBd en rapport).

Cette puissance correspond à la puissance qu'il faudrait appliquer à un dipôle pour avoir la même puissance rayonnée dans la direction la plus favorable de l'antenne (pour application avec des calculs, voir le 1er exemple du

§ R-5.3). **La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE)** prend pour référence l'antenne isotropique.

L'angle

d'ouverture

d'une

Antenne (brin

Lobes latéraux

Atténuation de 3 dB par

antenne est l'écart d'angle

rayonnant)

rapport à la direction

entre

les

directions

pour

la plus favorable

lesquelles

la

puissance

rayonnée est la moitié (-3 dB)

3 dB

de la puissance rayonnée dans

Angle d'ouverture à -3 dB

la direction la plus favorable.

Lobe avant

Le gain avant / arrière est le

rapport, transformé en dB,

obtenu en divisant la puissance

Lobe arrière

rayonnée dans la direction la

Puissance Puissance dans la direction la plus

Arrière

plus favorable par la puissance

favorable du rayonnement

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

coaxial

xia

circulaires (rotation Droite ou Gauche). La polarisation des

a

co

Doublet en

antennes joue un rôle important dans la faisabilité d'une liaison, Doublet en polarisation polarisation

surtout au delà de 100 MHz. Il est important de ne pas confondre

horizontale

verticale

polarisation et directivité qui sont deux paramètres différents.

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 placée l'antenne (généralement un doublet). La distance entre le foyer et la parabole est appelée la focale (F). D

étant le diamètre de la parabole, le rapport F/D détermine l'angle d'illumination de l'antenne située dans le foyer et la forme du réflecteur (plus ou moins concave).

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

La **ligne de transmission**, qui peut être asymétrique (coaxial) ou symétrique (twin-lead ou « échelle à grenouille »), 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

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

- 30 -

Si ce morceau de câble alimente une antenne dont le gain est de 8 dBd (voir gain des antennes au § R-5.2), 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).

Cette puissance ainsi déterminée est la PAR à déclarer dans le cadre du décret du 17/12/07 modifié.

Enfin, si le gain de l'antenne est exprimé en dBiso (et non pas en dBd 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 ici 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 sa sortie (pertes déduites) à condition que cette sortie soit bouclée sur une charge résistive ayant la même valeur que l'impédance caractéristique du câble.

TOS et désadaptation : lorsque la ligne de transmission et la charge (l'antenne, par exemple) n'ont pas la 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 ampère) réfléchi 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 notre opinion, cette formule hors programme de la classe 3 car elle nécessite l'emploi d'une calculatrice).* Le **TOS** (Taux d'Ondes Stationnaire) est égal à 100 fois ρ : $\rho = \text{Uréfléchie (V)} / \text{Uémise (V)} = I_r(A) / I_e(A) = \sqrt{[Pr(W) / Pe(W)]}$ **TOS (%) = 100 x ρ**

Exemples : À l'entrée d'un câble, on mesure une tension incidente de 20 V et une tension réfléchie de 5 V. Quel est le TOS présent dans le câble ? *Même question avec 20 W de puissance émise et 5 W de puissance réfléchie* Réponses : $\rho = \text{Uréfléchie(V)} / \text{Uémise (ou incidente)(V)} = 5/20 = 0,25$; **TOS (%) = 100 x ρ = 100 x 0,25 = 25 %**

$$\rho = \sqrt{[Pr(W) / Pe(W)]} = \sqrt{[5 / 20]} = \sqrt{[0,25]} = 0,5 ; \text{TOS (\%)} = 100 \times \rho = 100 \times 0,5 = 50 \%$$

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) : **ROS = Z plus forte (Ω) / Z plus faible (Ω)**

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 \approx 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. Bien qu'il y ait quelques questions, la transformation $\text{ROS} > \rho$ n'est pas, à notre opinion, au programme de l'examen de classe 3. On verra au §10-3 (partie technique) que **ROS = (1+ ρ) / (1- ρ)** et que **$\rho = (\text{ROS}-1) / (\text{ROS}+1)$** . Les appareils de mesure indiquent rarement le TOS et il y a parfois confusion entre le TOS et le taux de puissance réfléchie 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). Pour adapter les impédances, une « ligne quart d'onde » peut être utilisée (voir

§ 10-4). L'impédance de la ligne de transmission utilisée est égale à : **Zligne = $\sqrt{(\text{Zentrée} \times \text{Zsortie})}$**

Exemple : 25 Ω 100 Ω Zligne = ? Réponse : **Zligne = $\sqrt{(\text{Zentrée} \times \text{Zsortie})} = \sqrt{(25 \times 100)} = \sqrt{(2500)} = 50 \Omega$**

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-mêmes de perturbations électromagnétiques intolérables pour d'autres équipements dans cet environnement. (...) 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**. 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.

- 31 -

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 est souvent une source de brouillage quand ces lignes longent 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 $[(2 \times A) - B]$, appelés « produits 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 jamais passer devant le champ d'une parabole lors d'émission). De même, les tensions présentes dans l'antenne pendant l'émission peuvent être importantes.

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 attachée par un mousqueton à une ligne de vie).

Le courant électrique continu (ou 50 Hz) est d'autant plus dangereux que la tension est élevée. Les normes de sécurité considèrent qu'en milieu sec, **une tension inférieure à 50 volts n'est pas dangereuse** (24 V en milieu humide ou à l'extérieur et 12 V en immersion). Pour les tensions supérieures, il faut 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 50 Hz : jaune-vert pour la terre (protection) ; bleu pour le neutre ; rouge, marron ou noir pour la phase (fil le plus dangereux). 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).

La foudre est une décharge électrique qui se produit lorsque de l'électricité statique s'accumule entre des nuages ou entre les nuages et le sol. 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, plus particulièrement, de pylônes. 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 francs, ce qui réduira le risque de foudroiement. Lorsque le bâtiment sur lequel est installé l'antenne est pourvu d'un paratonnerre, un parafoudre relié au plus court à l'antenne pourra être monté. 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, ni le câble qui l'alimente.

- 32 -

DEUXIÈME PARTIE

TECHNIQUE

- 33 -

- 34 -

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 à la fin des séries de questions).

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

$$A + B = C - D$$

$$A \times B = C / D$$

$$A^2 = B \text{ ou } C = \sqrt{D}$$

Transformation

Changement de signe quand le

Changement d'opérateur quand

Changement de

terme passe de l'autre côté

le terme passe de l'autre côté puissance des 2 côtés à

(opposé) : $+$ \Rightarrow $-$ et $- \Rightarrow +$

(inverse) : $x \Rightarrow /$ et $/ \Rightarrow x$

la fois : $^2 \Rightarrow \sqrt{\quad}$ et $\sqrt{\quad} \Rightarrow ^2$

Exemples avec

$$X + A = C - D \text{ ou } X - A = 0 \quad X \times A = C \times D \text{ ou } X / A = B$$

$$X^2 = B \text{ ou } \sqrt{X} = D$$

X = inconnue

$$X = C - D - \mathbf{A} \quad X = \mathbf{A} \quad X = C \times D \quad X = B \times \mathbf{A} \quad X = \sqrt{B} \quad X = D^2$$

A,B,C,D = données

A

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. 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.

Pour des raisons de lisibilité, les crochets [et] sont utilisés : ils ont la même valeur que les parenthèses.

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

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

et encore $A / B / C = (A / B) / (C / 1) = A \times 1 = A \times 1 = A$ Les transformations sont plus lisibles $B \ C \ B \times C \ B \times C$ lorsqu'on les présente comme ci-contre.

Lorsqu'on a des **rapports proportionnels** (par exemple : $A / B = C / D$), le théorème de Thalès nous A C

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 B D

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 $2\pi FL = 1$. , donc $(2\pi F)^2 = 1$. , donc $F^2 = 1$. , d'où la formule : $F = 1$.

$$2\pi FC LC 4\pi^2 LC 2\pi \sqrt{LC}$$

- 35 -

0.2) Puissances de 10, multiples et sous-multiples : compte tenu des unités utilisées, il arrive souvent que nous devons 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 et à l'examen.

Symbole

G

M

k

m

μ

n

p

Préfixe

giga

méga

kilo

UNITE

milli

micro

nano

pico

Puissances de 10

10⁹

10⁶

10³

10⁰

10⁻³

10⁻⁶

10-9

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

Table de conversion

0 0 **2 5** (exemple n°1)

Exemple n°2

1 5 0 0

Exemple n°3

0 4 5 0

Exemple n°4

0 , 8 0

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, 10²), déca (da, 10¹), déci (d, 10⁻¹), centi (c, 10⁻²). Il existe aussi le myria (ma, 10⁴), utilisé dans les longueurs. Les symboles des multiples, à partir du méga, sont en majuscule alors que ceux des sous-multiples sont en minuscule. De plus, le système international définit les multiples et les sous-multiples de 10²⁴ à 10⁻²⁴. Au delà du Giga se trouvent : Téra (T, 10¹²), Péta (P, 10¹⁵), Exa (E, 10¹⁸), Zetta (Z, 10²¹), Yotta (Y, 10²⁴) et en deçà du pico : femto (f, 10⁻¹⁵), atto (a, 10⁻¹⁸), zepto (z, 10⁻²¹), yocto (y, 10⁻²⁴). 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 les chiffres dans chaque case en plaçant la virgule sous le grand trait du multiple utilisé. Lorsque le nombre est défini par une puissance de 10 (voir exemple n°4), la virgule décimale est placée sous le trait de la puissance de 10. 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 ⇒ M : 25 kΩ = , . 25 MΩ = 0,025 MΩ. 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 μ ⇒ m : 1500 μA = 1,500 mA = 1,5 mA. Les 0 inutiles à droite de la partie décimale (partie du nombre après la virgule) sont supprimés.

n°3 : conversion UNITE ⇒ m : 0,45 V = 0,450 V = 0450 mV = 450 mV. Le 0 inutile à gauche de la partie entière (partie du nombre avant la virgule) 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 avant de commencer l'épreuve 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** : 10⁹ x 10⁶ / 10³ = 10⁽⁹⁺⁶⁻³⁾ = 10¹². La puissance change de signe lorsqu'elle passe en dessous ou au dessus du trait de fraction : 1 / 10³ = 10⁻³ et 1 / 10⁻⁶ = 10⁶. On rappelle que 100 = 1.

Le signe « ^ », qui signifie « puissance », permet de remplacer la police de caractère « puissance » (petits caractères surélevés) quand elle n'est pas disponible. Ainsi 10⁻⁶ s'écrira 10^-6 et 10¹² s'écrira 10^12.

Attention à la **racine carrée** : seules les puissances de 10 paires (10⁶, 10¹², 10⁻⁶, 10⁻¹² pour ne citer que les multiples et sous-multiples) sont utilisables car elles sont divisées par 2 : √(10⁶) = 10^(6/2) = 10³. Enfin, les puissances de 10 sont multipliées par 2 lors de **l'élevation au carré** : (10⁻³)² = 10^(-3x2) = 10⁻⁶.

Exemple n°4 : Calculer P pour U = 20 mV et R = 5 kΩ avec la formule P = U² / R.

Réponse : il faut en premier lieu convertir les valeurs : 20 mV = 2 x 10⁻² Volts et 5 kΩ = 5 x 10³ Ohms P = U² / R = (2 x 10⁻²)² / 5 x 10³ = 4 x 10⁻⁴ / 5 x 10³ = 4/5 x 10⁽⁻⁴⁻⁺³⁾ = 4/5 x 10⁻⁷ = 0,8 x 10⁻⁷ = 80 nW (voir table de conversion ci-dessus : la virgule a été placée sous le trait de 10⁻⁷, au 7ème trait à droite de l'unité) Toutes ces règles sont connues des calculettes et ne sont rappelées ici que si vous faites vos calculs « à la main ».

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 calculette les **12 fonctions** ou opérateurs utilisés dans les formules de ce cours :

- Exposant de 10 (touche marquée **.10x** 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 calculette : si on veut calculer $\sqrt{A \times B}$, il faudra saisir $(A \times B)$ $[\sqrt{\quad}]$ si la calculette n'accepte pas l'écriture naturelle
 - Mise au carré (touche marquée **x²**) que nous noterons $[x^2]$. En l'absence de cette touche, la fonction Puissance (marquée $[\wedge]$) sera suivie du chiffre de la puissance, comme dans l'exemple ci-dessous.
 - Logarithme décimal (touche marquée **LOG**) que nous noterons $[\text{LOG}]$
 - Puissance de 10 ou Antilog (touche marquée **10x**, à ne pas confondre avec l'exposant de 10), notée $[10x]$. Si la calculette 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 (touche « reset »)
 - 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 (quand elles existent) Dans les modèles récents, 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 présentés au paragraphe précédent.
- 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 ou Scientifique est sélectionné. Soit une valeur de 2,5 k à entrer, on saisira 2500 ou 2,5.10³ en appuyant sur les touches $[2][.][5][\text{Exp}][3]$. En affichage à virgule flottante, ce nombre s'écrira 2500. En mode Scientifique ou Ingénieur, il s'affichera sous la forme 2,5.10³ ou 2,5 E+03
- (E pour « exposant de 10 ») ou le plus souvent 2,5+03 (la calculette 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 103 correspond au multiple kilo, symbole k). Notez que 100

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 250.10-3 en appuyant sur les touches [2][5][0][Exp][+/-][3].

Dans le cours, les calculs à connaître sont repérés par la mention « **Sur une calculette** ». 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 calculettes « Collège » récentes acceptent l'**écriture naturelle** (ou intuitive). La formule est saisie avec les **parenthèses** notées [(] ou [)] puis on appuie sur [=] 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 [x²] pour la fonction de mise au carré.

Les **résultats intermédiaires** tels qu'ils devraient être affichés par la calculette 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. Enfin, un exemple de calcul en écriture naturelle est présenté.

Exemple : Calculer P pour U = 20 mV et R = 5 kΩ. (formule : $P = U^2 / R$, soit : U [x²] ÷ R) Données

Valeurs à entrer

Résultat final

Sur une calculette : 20.10-3 (*U*) = 20.10-3 [x²] = 400.10-6 ÷ 5.103 (*R*) = 80.10-9 soit 80 nW

Séquence des touches : [2][0][Exp][+/-][3][=] [x²] [÷] [5][Exp][3] [=]

Résultats intermédiaires

Fonctions ou opérateurs

En écriture naturelle : (20.10-3)2÷(5.103) soit la séquence : [(] [2] [0] [Exp] [+/-] [3] [)] [^] [2] [÷] [(] [5] [Exp] [3] [)] [=]

- 37 -

- 38 -

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

Chaleur dégagée = Puissance PR

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 Intensité IB

+

insérant l'instrument de mesure en un point du circuit, comme un

Résistance R

-

compteur d'eau. La résistance est comparable à un rétrécissement

A

B

du tuyau. La chaleur dégagée par la résistance provient des

Tension UBA

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 : $P = (R \cdot I) \cdot I = R I^2$. De même, on sait que $I = U / R$, donc $P = U \cdot I$ devient $P = U \cdot (U / R)$ donc $P = U^2 / R$. Ainsi, deux données (intensité et résistance, par exemple), permettent de calculer les deux inconnues correspondantes (dans notre exemple : puissance $P = R I^2$ et tension $U = R I$).

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**: P

U

U^2

P

U I

R I

P R

R^2

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.

- 39 -

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

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

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

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

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

R^2

Exemple 2 :

P = ?

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

0,05 A

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

R = ?

Ω

P

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

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

2 V

R^2

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* : 6,25.1018, soit un peu plus de 6 milliards de milliards) par unité de temps (*l'unité de temps est la seconde*). Un ampère est égal à un coulomb par seconde : **Q(C) = I(A) . t(s)** 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 ou W(J) = P(W) . t(s) ou encore **P(W) = E ou W(J) / t(s)**

et, en appliquant la loi d'Ohm ($P = U . I$) : **E ou W(J) = U(V) . Q(C)**

Exemple : Calculer Q en Coulombs et W en Joules

5 Ω

Réponses :

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

10 V

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

Temps (t) = 30 secondes

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

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 ρ) et se définit en Ωm (ohm-mètre). 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 : **$R(\Omega) = \rho(\Omega m) . L(m) / s(m^2)$**

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 M Ωm).

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 lorsque leur température augmente : leur coefficient de température est négatif. *Attention à ne pas confondre diamètre (distance en m) et section (surface en m^2) : lorsqu'un diamètre est doublé, la section est quadruplée. On a : $S = \pi \times D^2 / 4 = 0,785 D^2$. Ainsi un fil de 2,5 mm^2 de section aura un diamètre de 1,78 mm* **Exemple** : un fil métallique a une longueur de 1 mètre, une section de 2 mm^2 et une résistance de 6 Ω . Quelle résistance aura ce même fil si sa longueur est de 2 mètres et sa section de 6 mm^2 ?

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

Résistivité (ρ) de quelques matériaux à 20°C :

Matériau

Ωm

Matériau

Ωm

Matériau

Ωm

Matériau

Ωm

Matériau

Ωm

Argent

1,6.10-8

Cuivre écroui

1,8.10-8

Or

2,2.10-8

Aluminium

3.10-8

Laiton

6.10-8

Fer

1.10-7

Constantan

4,9.10-7

Nichrome

1,1.10-6

Eau de mer

0,3

Germanium

0,46

Silicium

640

Eau pure

2.105

Air sec

1,13.109

Porcelaine

1011

Polyéthylène

1015

Papier

1015

Bakélite

1016

Plexiglas

1017

Quartz

7.1017

La conductivité est utilisée pour caractériser les conducteurs. Elle est donnée en $m/\Omega m^2$ ou en S/m (avec $S =$

Siemens = $1/\Omega$; exemple : conductivité de l'argent = $6,3.10^7 S/m$). La conductance étant l'inverse de la résistance, elle était donnée en mho (jeu de mots avec ohm à l'envers) avant que le Siemens soit utilisé.

- 40 -

Dans un conducteur, la densité de courant (en A/mm^2) est égal au débit (en ampères) divisé par la section du conducteur (en mm^2). La densité de courant dans un fil de cuivre ne doit pas dépasser $5 A/mm^2$.

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 : $e(\mu m) = 66 / \sqrt{F(MHz)}$. Ainsi, l'épaisseur de la peau sera de 0,5 mm à 20 kHz, $66 \mu m$ à 1 MHz, $12 \mu m$ à 30 MHz, $5 \mu m$ à 150 MHz et $2 \mu m$ 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 fil 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) Le Code des couleurs est une des 10 familles de questions de la base de données de l'examen de classe 2

(voir § Introduction aux Exercices). La valeur des résistances traditionnelles (à fils) est rarement indiquée en chiffres : un code de couleurs défini dans le tableau ci-dessous est utilisé.

Pour coder une valeur, **trois bagues au moins** sont nécessaires : les deux premières bagues indiquent les deux premiers chiffres de la valeur, la troisième bague indique le nombre de 0 de la valeur. Pour détromper la lecture, les bagues ne sont pas centrées au milieu de la résistance : selon la représentation, elles doivent se situer à gauche de la résistance pour une lecture de gauche à droite ou en haut pour une lecture de haut en bas.

Le code des couleurs des **bagues de tolérance** (4ème bague, quelquefois décalée par rapport aux trois premières) n'a pas à être connu pour l'examen. Toutefois, dans les questions d'examen, la bague de tolérance est souvent représentée mais sa signification n'est pas demandée.

Mnémotechnique

Couleur des

1ère bague

2ème bague

3ème bague

4ème bague

Initiale du mot =

bagues

1er chiffre

2ème chiffre

multiplicateur

tolérance

Initiale de la couleur

Dizaine

Unité

Nombre de 0

+/-

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

x10.000.000

0,1%

Grand

Gris

8

8

(x 100.000.000)

BOA

Blanc

9

9

(x1.000.000.000)

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 violemment, Grand BOA. L'initiale de chaque mot de la phrase correspond à l'initiale de la couleur.

Attention : la série commence par 0 et ne pas confondre les deux V (vert et violet) et les deux B (bleu et blanc) : violemment correspond à violet et le Blanc (valeur 9) est à la fin puisque le Noir (valeur 0) est au début.

Remarquez la logique de l'ordre des couleurs. On commence par des couleurs sombres (noir puis marron), les couleurs centrales (de rouge à violet) sont celles de l'arc-en-ciel et des couleurs claires (gris puis blanc) terminent la série. Les deux premières bagues donneront un nombre toujours compris entre 10 et 99. Ainsi, la première bague ne pourra pas être noire (=0) et pour coder 0,1 Ω , on utilisera : Marron, Noir, Argent (10 x 0,01 = 0,1).

Exemple : Quelle est la valeur de cette résistance ?

Réponse :

BLEU \Rightarrow 6

u

e

n

e

g

ROUGE \Rightarrow 2

$R = 62 \times 10^1 \Omega = 620 \Omega$

u

ro

Bl

o

a

MARRON ⇒ 1

R

M

Les résistances du commerce ont des valeurs « normées ». La série des valeurs des résistances à 20% de tolérance (sans 4ème 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 est comprise entre 176 Ω et 264 Ω (± 20%). Il existe une série E12 pour les résistances à 10% de tolérance (4ème 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 (4ème 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. Enfin, pour les résistances de précision (à partir de la série E96 avec 1% de tolérance et moins), une 6ème bague indique le coefficient de température (variation maximum de la valeur en fonction de la température du composant).

- 41 -

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 x 10² Ω , soit 6800 Ω . 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. Il devient difficile de les trouver dans le commerce.

- 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

Exemple : quelle est la puis-

R = 220Ω

dissipation maximum. Cette puissance est directement fonction de la

sance minimum de R ?

dimension du composant : les plus petites résistances à fils dissipent

6 V

1

Réponse : $P = U^2 / R = 6^2 / 220 = 164 \text{ mW}$

/8 de watt au maximum et les plus grosses 2 W. D'autres

La première puissance supérieure proposée

résistances, montées dans un boîtier spécifique, peuvent être fixées sera retenue (250 mW par exemple ; 1/8 W,

sur un radiateur pour dissiper plus de puissance.

soit 125 mW, aurait été insuffisant)

Il existe des composants dont la résistance est variable (ou ajustable E lorsque la valeur est définie une fois pour toutes). Ces résistances sont S

E

S

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)

Montage 1

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.

Pont de Wheatstone

Umoteur

Nœud

Maille

Moteur

+ 10 V

M

I1

Pile

I2

Ω

Ω

I

5

ce 1

ce 2

ile

4

0

p

1

n

n

$7 V$

1

3

$6 V$

R

2

U

U

R

$1 V$

U

ésista

ésista

I_3

R

R

I_4

$3 V$

Ω

Ω

0

6

2

$4 V$

I

$0 V = \text{masse}$

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

$$U_{\text{pile}} - UR_1 = 0 \text{ et } UR_1 = U_{\text{moteur}} + UR_2$$

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 (UR_1 est la tension aux bornes de la résistance R_1 ; UR_1 se prononce « U indice R_1 » ou plus couramment « U de R_1 »),

- 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)

U_{R1}

U_{R2}

$R1$

I_{R1}

I_{R2}

I_{R1}

I_t

$R1$

$R2$

Schéma

I_{R2}

$R2$

U_t

$U_{R1} = U_{R2} = U_t$

R

Résistance

$t = R1 \times R2$ (Produit sur Somme)

R

$R1 + R2$ (= les Pieds sur le Sol)

équivalente

$t = R1 + R2 + \dots$

ou **$R_t = 1/(1/R1 + 1/R2 + \dots)$**

Prorata des résistances

Constante

Tension

$U_{R1} = U_t \cdot (R1 / R_t)$

U

U

$t = U_{R1} = U_{R2} = \dots$

$t = U_{R1} + U_{R2} + \dots$

Prorata inverse des résistances

Constante

Intensité

I

I

$$R1 = It \cdot (Rt / R1)$$

$$t = IR1 = IR2 = \dots$$

$$It = IR1 + IR2 + \dots$$

P

P

Puissance

$$t = Ut \cdot It = PR1 + PR2 + \dots$$

$$t = Ut \cdot It = PR1 + PR2 + \dots$$

P

P

dissipée

$$R1 = UR1 \cdot It = Pt \cdot (R1 / Rt)$$

$$R1 = Ut \cdot IR1 = Pt \cdot (Rt / R1)$$

Prorata des résistances

Prorata inverse des résistances

Groupements

$$Rt = R \cdot n$$

$$Rt = R / n$$

de n résistances

$$IR = It$$

$$IR = It / n$$

de valeur

$$UR = Ut / n$$

$$UR = Ut$$

identique (R)

$$PR = Pt / n$$

$$PR = Pt / n$$

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 : $Rt = R \times n$. Dans ce cas, les tensions aux bornes de chacune des résistances et leurs puissances dissipées sont identiques ($UR = Ut / n$ et $PR = Pt / n$).

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 résistance 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 prorata (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 $I_t = IR_1 + IR_2 + \dots$. 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 : $R_t = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$.

Autre raisonnement : la conductance étant l'inverse de la résistance (voir § 1.4), la formule « $1/R_t = 1/R_1 +$

$1/R_2 + \dots$ » revient à dire que la conductance équivalente est égale à la somme des conductances en parallèle.

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 ($IR = I_t / n$ et $PR = P_t / n$).

- 43 -

Exemples :

Groupement Série

Groupement Parallèle

$$R_1 = 80 \, \Omega$$

$$R_2 = 20 \, \Omega$$

$$\Omega$$

$$\Omega$$

$$R_1$$

$$0$$

$$0$$

$$10 \, \text{V}$$

$$R_2$$

$$8$$

$$2$$

$$10 \, \text{V}$$

Calcul de la résistance équivalente du groupement :

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

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

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

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 :

$$UR2 = Ut \times (R2 / Rt) = 10 \times (20/100) = 2 \text{ V}$$

$$UR2 = Ut = 10 \text{ V}$$

ou par différence : $UR1 + UR2 = Ut$

d'où : $UR1 = Ut - UR2 = 10 - 8 = 2 \text{ V}$

Calcul de l'intensité parcourue dans le groupement :

$$It = Ut / Rt = 10 / 100 = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

$$It = Ut / Rt = 10 / 16 = 0,625 \text{ A} = 625 \text{ mA}$$

Calcul de l'intensité parcourue dans R1 :

$$IR1 = Ut / R1 = 10 / 80 = 0,125 \text{ A} \text{ ou, si } Ut \text{ est inconnue :}$$

$$IR1 = It = 100 \text{ mA}$$

$$IR1 = It \times (Rt / R1) = 0,625 \times (16 / 80) = 0,125 \text{ A} = 125 \text{ mA}$$

Calcul de l'intensité parcourue dans R2 :

$$IR2 = Ut / R2 = 10 / 20 = 0,5 \text{ A} \text{ ou, si } Ut \text{ est inconnue :}$$

$$IR2 = It = 100 \text{ mA}$$

$$IR2 = It \times (Rt / R2) = 0,625 \times (16 / 20) = 0,5 \text{ A} = 500 \text{ mA}$$

ou calcul par différence : $It = IR1 + IR2$

d'où $IR2 = It - IR1 = 625 - 125 = 500 \text{ mA}$

Calcul de la puissance dissipée par le groupement :

$$Pt = Ut \times It = 10 \times 0,1 = 1 \text{ W}$$

$$Pt = Ut \times It = 10 \times 0,625 = 6,25 \text{ W}$$

$$\text{ou } Pt = Rt \times It^2 = 100 \times 0,1^2 = 100 \times 0,01 = 1 \text{ W}$$

$$\text{ou } Pt = Rt \times It^2 = 16 \times 0,625^2 = 16 \times 0,390625 = 6,25 \text{ W}$$

$$\text{ou } Pt = Ut^2 / Rt = 10^2 / 100 = 100 / 100 = 1 \text{ W}$$

$$\text{ou } Pt = Ut^2 / Rt = 100 / 16 = 6,25 \text{ W}$$

Calcul de la puissance dissipée par la résistance R1 :

$$PR1 = Pt \times (R1 / Rt) = 1 \times (80 / 100) = 0,8 \text{ W}$$

$$PR1 = Pt \times (Rt / R1) = 6,25 \times (16 / 80) = 1,25 \text{ W}$$

$$\text{ou } PR1 = UR1 \times IR1 = 8 \times 0,1 = 0,8 \text{ W}$$

$$\text{ou } PR1 = UR1 \times IR1 = 10 \times 0,125 = 1,25 \text{ W}$$

Calcul de la puissance dissipée par la résistance R2 :

$$PR2 = Pt \times (R2 / Rt) = 1 \times (20 / 100) = 0,2 \text{ W}$$

$$PR2 = Pt \times (Rt / R2) = 6,25 \times (16 / 20) = 5 \text{ W}$$

$$\text{ou } PR2 = UR2 \times IR2 = 2 \times 0,1 = 0,2 \text{ W}$$

$$\text{ou } PR2 = UR2 \times IR2 = 10 \times 0,5 = 5 \text{ W}$$

$$\text{ou } PR2 = UR2^2 / R2 = 2^2 / 20 = 4 / 20 = 0,2 \text{ W}$$

$$\text{ou } PR2 = UR2^2 / R2 = 10^2 \times 20 = 100 / 20 = 5 \text{ W}$$

ou par différence : $PR2 = Pt - PR1 = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ W}$

ou par différence : $PR2 = Pt - PR1 = 6,25 - 1,25 = 5 \text{ W}$

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

Quand les lois d'Ohm et de Joule sont maîtrisées, peu de calculs sont nécessaires. Par exemple : calcul de UR1

dans le groupement série : R1 est 4 fois plus importante que R2 ; la répartition de la tension totale (10 V) sera donc 4/5 sur R1 et 1/5 sur R2, donc $UR1 = 10 \times 4 / 5 = 8$ volts (le calcul de Rt n'est plus indispensable).

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

Exemples : quelle est la résistance équivalente de cet ensemble ?

Étape 1 :

R totale (ensemble AB)

A=100 Ω

RAB = 150 x 100 = 15000 = 60

C=40 Ω

150 + 100 250

Étape 2 :

R totale (constitué du groupe AB et de C)

B= 150 Ω

= RAB + 40 = 60+40 = 100

Sur une calculette, il faudrait entrer les données suivantes :

Calcul de RAB : $RAB = 1 \div (1 \div 100 (RA) + 1 \div 150 (RB)) = 60.100$

Calcul de RABC : $6.101 (RAB) + 40 (RC) = 100.100$ soit 100

Réponse :

RT = ?

Les 5 résistances de gauche sont montées en

dérivation et les 2 résistances de droite sont

montées en série.

Ω

Ω

Ω

Ω

Ω

Ω

Ω

Premier groupement : $RG1 = R / n = 10 / 5 = 2$

0

0

0

0

0
0
1
1
1
1
1
1
01

Second groupement : $RG2 = R \times n = 10 \times 2 = 20$

Ensemble : $RT = RG1 + RG2 = 2 + 20 = 22$

- 44 -

1.8) Autres exemples d'application avec des résistances

+

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

Réponses : 1ère solution (méthode empirique) : le schéma représente un pont de Wheatstone que nous avons déjà évoqué au § 1.6. Le pont est dit

Ω
 Ω
0
0

« équilibré » lorsque les tensions dans les deux branches sont identiques.

8
2

Dans ce cas, si les deux branches sont reliées (comme ici), aucun courant

$I = 0$

ne circule et 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, 2

Ω

il faut calculer le « produit en croix » (voir §0.1), c'est à dire que l'on prend R

5

le produit de la deuxième diagonale divisé par la valeur opposé. Dans notre exemple, ce sera :

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

2ème 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 UT = tension d'alimentation du circuit (non précisée), le raisonnement est le suivant : Détermination de UR4 : $UR4 = UT \times [R4 / (R3 + R4)] = UT \times (5 / 25) = UT / 5$

Si $I = 0$, alors $UR4 = UR2 = UT / 5$. D'autre part, $IR1 = IR2 = UT / (80 + R2)$

$$R2 = UR2 / IR2 = (UT / 5) / [UT / (80 + R2)] = (UT / 5) \times [(80 + R2) / UT] = (80 + R2) / 5$$

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, UT. Toutefois, ce circuit doit être obligatoirement alimenté par une tension (positive ou négative voire alternative) sinon la valeur de R2

sera quelconque puisque, quelle que soit sa valeur, il n'y aura nulle part de courant dans le circuit.

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 Ω

problème se résout par les étapes suivantes :

k

$$U = 24 \text{ V}$$

2

1) Calcul de l'intensité parcourant l'ensemble du bas (RT) (on appellera R1 la **I (mA) = ?**

résistance de 2 k Ω) :

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

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

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

Ω

Ω

k

k

3) calcul de l'intensité parcourant la résistance de 5 k Ω (IR) :

3

5

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

Exemple n°3

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

$$I = 300 \text{ mA}$$

Réponses : les étapes du raisonnement sont les suivantes :

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

R

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

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 :

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

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

1

Ω

R

12 V

01

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

Exemple n°4

Quelle est la résistance équivalente (R_t) ?

Réponse :

150

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

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

75

associé à la résistance de 75 Ω en série : $93,75 + 75 = 168,75$

ensemble du bas 30-80 en série : $30 + 80 = 110$

250

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

100

associé à la résistance de 100 Ω en série : $66,7 + 100 = 167$

30

80

Sur une calculatrice :

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

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

associé à la résistance de 100 Ω en série : $100 + 66,7 = 166,7 = 167$

- 45 -

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.

t

Signal carré

Signal triangulaire

Signal dents de scie

Signal impulsionnel

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.

t

Composante

Composante

Superposition de composantes

continue

carrée

Carré et Triangle

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). Remarquez que si le point M tourne en sens inverse (dans le sens des aiguilles d'une montre), la forme de la fonction reste identique à la différence près qu'elle sera décalée de 180° comme si l'origine du point M se trouvait en π : on parle alors de déphasage.

π

$\pi/2$

$/2$

0 ou 2π

ou $+ 90^\circ$

Alternance

M

Vecteur

π

0

ou

t

ou 2π

0

180°

Période

0 ou 2π

$3\pi/2$

π $3\pi/2$

$t(s) = 1 / F(\text{Hz})$

ou 270° ou $- 90^\circ$

$\omega \text{ (rad/s)} = 2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz}) = 6,28 \times F(\text{Hz})$

ou $F(\text{Hz}) = 1 / t(\text{s})$

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) = $6 \mu\text{s}$; $F(\text{MHz}) = 1 / t(\mu\text{s}) = 0,166 \text{ MHz}$ 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.

- 46 -

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 ($U_{\text{crête}}$ ou $I_{\text{crête}}$).

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

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

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

$U_{\text{càc}} = 2 \cdot U_{\text{max}} = 2\sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$

x 1,414

x 0,707

U_{max}

U_{eff}

45°

$U_{\text{moy}} (= 0)$

$U_{\text{càc}} = 2 \times U_{\text{max}}$

Exemples :

$U_{\text{eff}} = ?$

$P = ?$

$I_{\text{eff}} = I_{\text{max}} \times 0,707$

$P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$

$2 \cdot A_{\text{eff}}$

$I_{\text{eff}} = I_{\text{A max}} \times 0,707$

$U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} \times 0,707$

50 Ω

R

$$I_{\text{eff}} = 0,707 I_{\text{max}}$$

$$U_{\text{eff}} = 14 \times 0,707 \approx 10 \text{ V}_{\text{eff}}$$

$$I = 1 \text{ A}_{\text{max}}$$

$$U = R \cdot I$$

$$P = 10 \text{ V} \times 2 \text{ A}$$

$$14 \text{ V}_{\text{max}}$$

$$U = 50 \times 0,707 = 35,35 \text{ V}$$

$$P = 20 \text{ W}$$

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 (le générateur) vers la charge (qui consomme l'énergie). On peut comparer la propagation de l'agitation à la chute de dominos : une fois l'impulsion donnée par la chute du premier domino, les dominos suivants chutent les uns après les autres en se déplaçant très peu alors que le mouvement de chute se propage de la première à la dernière pièce.

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 ?

$$5 \text{ V/div}$$

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 $10 \text{ V}_{\text{càc}}$, soit 5 V_{max} , soit $3,53 \text{ V}_{\text{eff}}$ ($= 5 \text{ V}_{\text{max}} \times 0,707$).

$$2 \text{ ms/div}$$

- 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 ($4 \text{ ms} = 0,004 \text{ s}$; $F = 1/t = 1/0,004 = 250$).

- 47 -

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 l'adjectif « 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 $0,1\%$).

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 calculette. Dans les formules simplifiées, faire très attention aux multiples et sous-multiples utilisés. A l'examen, lorsqu'intervient 2π dans une formule, il est parfois indiqué de retenir $1 / 2\pi = 0,16$ (ou $2\pi = 6,28$) ;

ce qui revient à arrondir le résultat ou à utiliser le facteur 160 (au lieu de 159) dans les formules simplifiées.

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 :

Caractéristiques

Condensateur

Bobine

Origines du

Effet électrostatique

Effet électromagnétique

phénomène

Schémas

+

-

es

inb

condensateur variable condensateur polarisé

Bobine à noyau

o

Unités

farad (F) μ F, nF, pF

henry (H) mH, μ H, nH

rs / b

C = d . S / E

L = F . N² . D²

C = valeur du condensateur = **capacité**

sateu

L = valeur de la bobine = **inductance**

en

Dimensions

d = constante diélectrique de l'isolant

d

F = facteur de forme ; N = nombre de

n

S = surfaces en vis à vis

spires ; D = diamètre de la bobine

co

E = épaisseur du diélectrique (isolant)

n

Formule de Nagaoka simplifiée

Formule avec diélectrique à air

Calcul des

$$L = N^2 \times D^2$$

ciatio

$$C(\text{pF}) = 8,85 \cdot S (\text{cm}^2) / E (1/$$

valeurs avec

10 mm)

$$45 D + 100 \text{ long}$$

Si le diélectrique n'est pas de l'air, il faut

les formules

avec L en μH , N = nombre de spires, D =

ifféren

multiplier le résultat par le coefficient du

simplifiées

diamètre intérieur de la bobine (en cm),

D

diélectrique (voir ci-après)

long = longueur de la bobine (en cm)

$$\mathbf{C(F) = Q(C) / U(V) \text{ ou } Q = C \cdot U}$$

$$\mathbf{L(H) = \Phi(}$$

$$\Phi \text{ Wb) / I(A)}$$

Définitions

$$\mathbf{E(J) = \frac{1}{2} \cdot Q(C) \cdot U(V) = \frac{1}{2} \cdot C(F) \cdot U^2(V)}$$

I = intensité parcourue

physiques

Q = électricité emmagasinée en Coulomb

Φ = flux généré par la bobine (en Weber)

U = tension aux bornes de C; E = énergie en J

$$\mathbf{E(J) = \frac{1}{2} L(H) \cdot I^2(A)}$$

Fonctions

laisse passer les tensions alternatives

s'oppose aux variations d'intensité

Capacitance : $Z_C = 1 / \omega C$

Réactance : Z

es

Impédance

$$Z(\Omega) = 1$$

$$L = \omega L$$

in

$$Z(\Omega) = 2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz}) \cdot L(\text{H})$$

b

$$2 \cdot \pi$$

o

$$\cdot F(\text{Hz}) \cdot C(\text{F})$$

formule

$$Z(\Omega) = 159 / F(\text{MHz}) / C(\text{nF})$$

$$Z(\Omega) = 6,28 \times F(\text{MHz}) \times L(\mu\text{H})$$

rs / b

simplifiée

Parallèle

$$C_t = C_1 + C_2$$

Montage rarement utilisé

sateu

Groupement

Inverse des résistances

Comme pour les résistances

end

C

L

n

Série

$$t = C_1 \cdot C_2$$

$$t = L_1 + L_2 \pm M$$

$$C_1 + C_2$$

M est la mutuelle induction entre L1 et L2

Déphasage de

tarité co

la tension aux

U en retard de 90°

U en avance de 90°

en

bornes par

lém

rapport à

pm

l'intensité

o

t

t

C

parcourue

U =

I =

- 48 -

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.

L'unité de mesure du condensateur est le **farad** (noté F). Cette unité a une très forte valeur si bien que l'on utilise pour mesurer les condensateurs des sous multiples : du picofarad. (10⁻¹²) au microfarad (10⁻⁶) ou, plus rarement pour les très grosses valeurs, au millifarad (10⁻³). La valeur du condensateur se nomme aussi la **capacité**.

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 (epsilon) = 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.

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 $1/(36\pi \cdot 10^9) F/m$, soit 8,8419 pF/m.. La permittivité relative, ϵ_r (ou coefficient diélectrique ou encore constante diélectrique) d'autres matériaux est définie par rapport à celle du vide (ϵ_r du vide = 1) et est toujours supérieure à 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 ; 3,7 pour la bakélite ; 4,5 pour la fibre de verre ; 5 à 6 pour le mica ; 10 pour le verre ; 10 et plus pour les céramiques. Ainsi, la permittivité du polyéthylène solide est : $\epsilon_0 \cdot \epsilon_r = 1/(36\pi \cdot 10^9) \times 2,3 = 2 \cdot 10^{-11} = 20 \text{ pF/m}$ 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.

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

Un condensateur d'un farad peut, par définition, contenir dans ses armatures 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 : $E(J) = \frac{1}{2} Q(C) \cdot U(V)$. En remplaçant Q ou U par sa valeur tirée de $Q = C \cdot U$, on a : $E(J) = \frac{1}{2} \cdot C(F) \cdot U^2(V)$ et encore : $E(J) = Q^2(C) / 2 \cdot C(F)$.

La **bobine** fonctionne grâce à ses propriétés **électromagnétiques**. Le courant qui parcourt la bobine génère un champ magnétique autour et à l'intérieur des spires. Ce champ magnétique 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 . Une bobine se mesure en **Henry** (noté H) et on utilisera, comme pour les condensateurs, des sous multiples : principalement le microhenry (10⁻⁶) et le millihenry (10⁻³). Le nanohenry (10⁻⁹) est utilisé pour de très faibles valeurs.

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 . La perméabilité du vide, notée μ_0 , est égale à $4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$, soit $1,2566 \mu\text{H/m}$

- 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 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. Ce qui donne la formule de base : $L(H) = \Phi(\text{Wb}) / I(A)$. La quantité d'énergie emmagasinée dans une bobine est donné par la formule : $E(J) = \frac{1}{2} L(H) I^2(A)$

Les équations de Maxwell mettent en relation la permittivité et la perméabilité du vide par l'égalité suivante : $\mu \times \epsilon \times c^2 = 1$ (avec c = vitesse de la lumière, soit 3.108 m/s)

- 49 -

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. En théorie, on a $L = \mu_0 \cdot D^2 \cdot N^2 / \text{longueur}$ (avec L = valeur de la bobine en Henry, μ_0 = perméabilité du vide (1,2566 $\mu\text{H/m}$), D = diamètre de la bobine en mètres, N = nombre de spires et longueur de la bobine en mètres). Mais, selon la forme de la bobine, le flux d'induction magnétique (Φ) est plus ou moins dispersé car une partie de celui-ci n'est pas guidé (les spires n'embrassent pas tout le champ magnétique car elles ne sont pas jointives ou parce que la bobine est trop longue) et une partie de sa force électromagnétique est perdue. Pour calculer l'inductance d'une bobine, on a alors recours à des formules empiriques comme celle citée dans le tableau comparatif. Celle-ci ne fonctionne qu'avec une bobine comportant une seule couche de spires jointives et dont le rapport diamètre/longueur est compris entre 0,5 et 1. Cette formule donne toutefois une approximation suffisante pour nos besoins. D'autres formules existent : elles utilisent toutes un coefficient issu du rapport diamètre/longueur de la bobine. Un fil rectiligne aura aussi une inductance, très faible par rapport à une bobine, mais cette faible valeur sera intéressante pour des applications en UHF et au-delà. L'inductance d'un fil rectiligne en cuivre est d'environ 1 μH par mètre.

L'inductance de la bobine augmente significativement en introduisant un noyau magnétique à l'intérieur des spires, ce qui guide le champ magnétique et augmente artificiellement la section de la bobine. Le noyau peut être 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 . L'air sec a une perméabilité très proche de celle du vide (μ_r de l'air sec = 1,000 0004).

Les matériaux magnétiques sont le fer, le nickel, le cobalt, le silicium 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 très proche de 1

sont appelés paramagnétiques ($\mu_r > 1$: aluminium, manganèse, platine) s'ils s'aimantent dans le sens du champ magnétisant ou diamagnétiques ($\mu_r < 1$: cuivre, zinc, argent, bismuth) 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** (noté Z) est employé et plus précisément de **réactance** dans le 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) lorsqu'on lui applique un courant continu. Le calcul de l'impédance de la bobine et du condensateur fait appel à une formule utilisant la pulsation de la fréquence (ω en radians par secondes (rad/s) et égale à : $2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz})$). Pour une bobine, son impédance est égale à son inductance multipliée par la pulsation : $Z(\Omega) = \omega L(H)$. L'impédance d'un condensateur est égale à l'inverse du produit de la pulsation multipliée par sa capacité : $Z(\Omega) = 1/[\omega C(F)]$.

En présence d'un courant continu superposé à un courant alternatif, on a l'impression que seule la composante alternative 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 périodiquement 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 : on additionne les valeurs lorsque les condensateurs sont en parallèle et, lorsque les condensateurs sont en série, on calcule l'inverse de la somme des inverses (ou le produit des valeurs divisé par leur somme s'il n'y a que 2 condensateurs).

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 : $U_t = UC_1 + UC_2 + \dots$. De plus, par définition, $Q = C \times U$, on en déduit que $U = Q / C$. Remplaçons U par sa valeur : $Q_t / C_t = QC_1 / C_1 + QC_2 / C_2 + \dots$ Du fait

- 50 -

de la loi des mailles, la quantité d'électricité (Q) emmagasinée dans chacun des condensateurs (QC_1 , QC_2 , 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 $1 : 1 / C_t = 1 / C_1 + 1 / C_2 + \dots$. On retrouve la formule des résistances en parallèle que l'on simplifie pour deux condensateurs par : $C_t = (C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2)$.

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. Bien évidemment, la tension aux bornes de chacun des condensateurs est identique.

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 de l'intensité puis établissement de la tension car l'intensité remplit le condensateur. **La tension est en retard de 90° par rapport à l'intensité** (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 à l'intensité.**

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

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

Réponse : $L = F \cdot N^2 \cdot D^2$; si $N / 4 \Rightarrow L / 4^2 \Rightarrow L / 16 \Rightarrow L = 5 \mu H / 16 = 0,3125 \mu H = 312,5$ 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 :

Réponse :

Z = ?

$$Z = \omega L = 2\pi FL = 6,28 \times 8.106 \times 12,5.10^{-6} = 6,28 \times 8 \times 12,5 = 628 \Omega$$

$$F = 8 \text{ MHz}$$

$$12,5 \mu H$$

$$\text{sur une calculette : } 2 \times [\pi] \times 8.106 (F) \times 12,5.10^{-6} (L) = 628.100 = 628 \Omega$$

$$\text{formule simplifiée : } 6,28 \times 8 (F \text{ en MHz}) \times 12,5 (L \text{ en } \mu H) = 628 \Omega$$

Exemple 4 : quelle est la valeur du condensateur (en μ F) et la quantité $Q = 0,8$ mC

d'énergie (en mJ) emmagasinée dans le condensateur ?

Q

Réponses : $C(F) = Q(C) / U(V) = 0,0008 / 20 = 0,00004 F = 40 \mu F$

20 V

C U

$E(J) = \frac{1}{2} \times Q(C) \times U(V) = \frac{1}{2} \times 0,0008 \times 20 = 0,008 J = 8 mJ$

Exemple 5 : leff = ?

Réponse :

10 μF

$Z = 1 / (2\pi f C) = 1 / (6,28 \times 15.103 \times 10.10^{-6}) = 103 / (6,28 \times 15 \times 10) = 1000 / (6,28 \times 150) \approx 1 \Omega$

F = 15 kHz

$14 V_{max} \times 0,707 \approx 10 V_{eff}$; $I = U / Z = 10V / 1\Omega = 10 A_{eff}$ (valeur exacte = 9,33) sur une calculette, $Z = 2 \times [\pi] \times 15.103 (F) \times 10.10^{-6} (C) = 9,42.10^{-1} [1/x] = 1,0610.100$

14 V_{max}

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 : $Z = 1 \div (2 \times [\pi] \times 15.103 (F) \times 10.10^{-6} (C)) = 1,0610.100 \approx 1$

Exemple 6 : Calculer la capacité équivalente (en pF)

Réponse :

0,4 nF = 400 pF

100 pF

0,4 nF

$C_t = C_1 + C_2 = 100pF + 400pF = 500 pF$

- 51 -

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

$t(s) = R(\Omega)$

Charge Décharge

U

) . C(F) ou t(ms) = R(k Ω) . C(μF)

C

Temps

Charge

Décharge

E

Charge

2

1 t

63%

2/3

37%

1/3

U

E

C

/

C

3 E

2 t

87%

8/9

13%

1/9

1/3 E

3 t

95%

26/27

5%

1/27

Décharge

+

R

4 t

98,2%

80/81 1,8%

1/81

1 t

3 t

5 t

t(s)

5 t

99,3%

1

0,7%

0

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 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 à ses bornes augmente et, conséquemment, la tension aux bornes de R diminue. La loi d'Ohm implique que 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 $100 \mu F$ se vide par l'intermédiaire d'une résistance de $8 k\Omega$. 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 $5 t$: $t(s) = R(\Omega) \cdot C(F) = 8.103 \times 100.10^{-6} = 800.10^{-3} = 800 \text{ ms}$ ou formule simplifiée : $t(\text{ms}) = R(k\Omega) \cdot C(\mu F) = 8 \times 100 = 800 \text{ ms}$; $5 t = 5 \times 800 \text{ ms} = 4000 \text{ ms} = 4 \text{ s}$ En charge, la tension aux bornes du condensateur est : $U_C(V) = E(V) \times (2,718^{-t(s)/R(\Omega) \cdot C(F)})$. En décharge, la formule devient : $U_C(V) = E(V) \times [1 - (2,718^{-t(s)/R(\Omega) \cdot C(F)})]$. 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).

C

L

Z

R

R

R

XL

Xc

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

R

Z

L²)

$$Z = \sqrt{R^2 + X C^2}$$

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 ; XL et XC 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.

- 52 -

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 (+XL) ou négative (-XC) 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).

+XL

L

résistance (R)

L

X

C

L

$Z(\Omega) =$ longueur OL

L réactance

α

R

R

0

0

Bobine non parfaite

Représentation vectorielle

C

C

R

-XC

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

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

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

α = déphasage de U par rapport à I

Sur certaines calculettes, les angles doivent être exprimés en radians

$$= \arctg(X/R)$$

(et non pas en °) c'est-à-dire en longueur sur le cercle trigonométrique = $\arctg((XL - XC)/R)$ dont la demi-circonférence (soit 180°) mesure π .

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

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

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

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

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

$$\sin(45^\circ) = \sin(0,7854 \text{ rad}) = 0,707 \text{ et } \sin^{-1}(0,707) = 0,7854 \text{ rad} = 45^\circ = \arccos [R / \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2}]$$

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 : $XL = ZL = 2\pi FL = 6,28 \times 1,06.10^6 \times 6.10^{-6} = 6,28 \times 6,36 = 40 \Omega$;

$$ZL = \sqrt{R^2 + XL^2} = \sqrt{69^2 + 40^2} \approx 80 \Omega ; \text{Déphasage} = \arctg (X / R) = \text{tg}^{-1} (40 / 69) = \text{tg}^{-1} (0,5797) = +30^\circ$$

X

L

Z

Signal de

80Ω

Ω

référence

0

$j 4$

R

$+30^\circ$

+

$+30^\circ$

t

69Ω

Signal

Signal

déphasé

déphasé

de $+30^\circ$

de -90°

Avance

Retard

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 (bleu) est en avance de 30° par rapport au signal de référence (en rouge) 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 (vert) 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 100 Ω) ont un comportement globalement plutôt inductif et les résistances supérieures à 300 Ω

sont plutôt capacitives. Vers 150-200 Ω , 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.

- 53 -

3) TRANSFORMATEURS, PILES et GALVANOMÈTRES

3.1) Un transformateur est composé d'au moins deux enroulements bobinés autour d'un même circuit magnétique.

Le transformateur est un cas particulier de bobines couplées. Un transformateur ne transforme que des courants alternatifs (et si possible sinusoïdaux). Selon la fréquence du courant, le circuit magnétique est composé soit d'un empilement de tôles minces (représenté par un double trait comme ci-dessous) pour des fréquences basses (BF ou secteur 50 Hz), soit de ferrite (représentée en pointillé comme au § 2.3) pour des fréquences HF, soit d'air (pas de circuit magnétique représenté) pour les fréquences les plus élevées. L'énergie appliquée sur le **primaire** est récupérée sur le ou les **secondaires**. 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-ampère (VA) et non pas en watt car il s'agit d'une puissance disponible et non pas consommée comme le ferait une simple résistance ;

- le **rendement** η (lettre grecque êta 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 = Rapport de transformation = n_s / n_p

I_p

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

I_s

e

U_p

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

arg

U_s

$$N = U$$

h

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

C

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

n_s

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

P

n_p

$$p = U_p \cdot I_p$$

$$P_s = U_s \cdot I_s$$

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 $N \ U_s \ I_p \ n_s \ \sqrt{Z_s}$

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, $1 \ U_p \ I_s \ n_p \ \sqrt{Z_p}$

la formule est à élever au carré (voir exemple 2 ci-dessous).

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

N U

S,

s $I_p \ n_s \ \sqrt{Z_s}$

et le couple contenant N (valeurs entourées d'un trait plein ci-contre). Le calcul par le produit en croix est : $U_s =$ produit de la 2ème diagonale (N x U_p dans notre exemple) $1 \ U_p \ I_s \ n_p \ \sqrt{Z_p}$

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 2ème 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 et sera optimum pour la puissance au secondaire conseillée par le constructeur. Lorsque le transformateur est sous-dimensionné ou sous-utilisé, le rendement est moindre. En utilisation normale, le rendement influe plus sur l'intensité 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%).. 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.

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

$$P_p = U_p \cdot I_p$$

Primaire

Secondaire

U

I

$$s = U_p \cdot N$$

a

-

I P

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

rim

n

ire

IP

Z

P

a

$$\rho = U_p / I_p$$

eco

+

S

d

np

ns

$$Z_s = U_s / I_s$$

= (U

I S

$$\rho \cdot N) / (I_p / N \times \eta)$$

Rapport de transformation : **N = n**

Autotransformateur

s / np

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

Rendement : $\eta(\%) = (P_s / P_p) \times 100$

- 54 -

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 R_i), en ohm, de la pile est due à la résistance de la réaction chimique. Cette résistance, qui est représentée

Pile

e

schématiquement en série avec l'élément de la pile, est quasiment

R_i

arg

U

h

nulle pour les accumulateurs mais non négligeable pour les piles (et en

C

E

particulier les piles usagées). Lorsque la borne positive de la pile ou de

I

l'accumulateur est reliée directement à la borne négative, le **courant de court-circuit** est égal à : $I_{cc} (A) = E (V) / R_i (\Omega)$. La valeur de ce $R_i = (E - U) / I = (E / I) - R$

courant est très grande dans le cas d'un accumulateur car celui-ci a une

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

résistance interne très faible, ce qui peut détruire l'accumulateur à Q (en Ah) = $I \cdot t$ (en heures)

cause de sa surchauffe.

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

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 :

$$P = ?$$

$$35 \Omega$$

Réponse :

$$E = 4,5 V$$

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

$$r_i = 10 \Omega$$

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

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 : $IR = UR / R = E / R = 12 \text{ V} / 10 \Omega = 1,2 \text{ A}$; $Q (\text{C}) = I (\text{A}) \cdot t (\text{s}) = 1,2 \times 3 \times 3600 = 12\,960 \text{ C}$ soit 3,6 Ah

- 55 -

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 lg

cadran

de spirale, ramène l'aimant vers cette position initiale. Le champ magnétique aimant 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 bobine** 0

déviations 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, I

ressort

voire moins) ou de faibles tensions ($R_i \times I$

de rappel

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

Ampèremètre

U

I

I

T = UR + Ug

g

g

IT = Ig + IR

R

G

G

$U_g = R_i \cdot I_g$

I

R_i

R_i

$g = U_g / R_i$

$UR = R \cdot I_g$

$IR = U_g / R$

U

IT

$$R = (U$$

R

Ug

$$T / I_g) - R_i$$

$$R = U_g / (I_T - I_g)$$

R

= (U

I

$$T / I_g) - (U_g / I_g)$$

R

$$= (R_i \cdot I_g) / (I_T - I_g)$$

= (U

U_T

$$T - U_g) / I_g$$

$$= R_i / ((I_T / I_g) - 1)$$

$$= (U_T - U_g) \times (R_i / U_g)$$

Ig doit être le plus faible possible

Ri doit être la plus faible possible

Exemple : nous disposons d'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 ; $U_g = I_g \cdot R_i = 0,00002 \times 10 = 0,0002 \text{ V}$; $U_R = U_T - U_g =$

$$10 - 0,0002 = 9,9998 \text{ V} ; R = U_R / I_g = 9,9998 / 0,00002 = 499990 \Omega \approx 500 \text{ k}\Omega$$

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

Dans un ampèremètre, la résistance est en parallèle ; $I_R = I_T - I_g = 1 \text{ A} - 0,00002 \text{ A} = 0,99998 \text{ A}$; $R = U / I$

$$= U_g / I_R = 0,0002 \text{ V} / 0,99998 \text{ A} = 0,0002 \Omega$$

$$\text{Autre méthode : } R = U_g / I_R = (R_i \cdot I_g) / (I_T - I_g) = (10 \times 0,00002) / (1 - 0,00002) = 0,0002 / 0,99998 = 0,0002 \Omega$$

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 (QV) : le fait de brancher en dérivation un Ig

voltmètre sur un circuit ne doit pas perturber le fonctionnement de ce R

G Ri

demier. Le rapport obtenu en divisant la résistance totale du voltmètre par U

le calibre en volts donne le facteur de qualité du voltmètre (Q). Ce rapport

calibre = U_T

est directement fonction de la sensibilité du galvanomètre. Un voltmètre $Q = (R + R_i) / U$

Ω

Ω

T =

/V

possède toujours le même rapport Ω/V quel que soit le calibre utilisé.

Q = 1 / I_g

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

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

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

0 10 V

voltmètre calibré sur 100 volts ?

R = ?

Réponse : la résistance R doit créer une différence de

Calibre =

potentiel égale à la tension de calibre diminuée de la

5 k Ω/V

100 V

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

voltmètre

valeur 90 V x 5 k Ω/V = 450 k Ω

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

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) Cette notion de qualité des voltmètres n'est plus d'actualité car les instruments numériques ont remplacé les appareils à aiguille. Par construction, les voltmètres numériques ont une résistance interne constante et très élevée quelque soit le calibre utilisé (souvent de l'ordre de 100 M Ω).

- 56 -

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 G

R

est la résistance de calibre. La résistance R est variable pour tarer être m

c

x

l'ohmmètre à 0 Ω . Un wattmètre est composé d'un voltmètre qui indique m

R

R

h

E

la puissance sous une impédance donnée (on a $Z_e = Z_s = Z_{\text{calibre}}$ et 0

d'autre part $R + R_i \gg Z_{\text{calibre}}$). 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, le milieu de la course du Entrée

Sortie
galvanomètre d'un wattmètre représentera un quart de la puissance de

être

R

U

calibre (car $P = U^2 / R$). Pour un ohmmètre, sachant que $I = U / R$, la

ttma

G

graduation est inversée : 0 Ω est du côté où I est maximum car, pour W

Ri

une valeur de résistance nulle, le courant est maximum. De l'autre côté

$P = U^2 / Z$

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 Microphone faisant varier l'épaisseur du diélectrique et nécessitant une alimentation (souvent par pile) ; (représentation

- le microphone à charbon (ou microphone résistif) dont la membrane compresse plus ou moins synoptique) 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 Haut-parleur

deux électrodes entre lesquelles est placée une fine membrane. Les électrodes sont perforées de (représentation

façon que le son produit par les vibrations de la membrane puisse sortir du HP (système très synoptique)

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.

T

R

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 ressort

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 Commun

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.

- 57 -

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 (Ps / Pe) ou Ps = 10 (dB / 10) x Pe avec Ps = puissance de sortie et Pe = 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). Les principales unités de dB sont indiquées en gras dans le tableau ci-dessous (0, 3, 6 et 9 dB correspond 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

102 x

103 x

104 x
105 x
106 x
107 x
108 x
109 x

Unité de dB

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

Rapport arithmétique

1

1,25

1,58

2

2,5

3,16

4

5

6,31

8

Soit un rapport arithmétique de 400 à **convertir en décibels** (exemple 2 ci-dessous) : on pose $400 = 10^2 \times 4$.

Dans le tableau ci-dessus, le nombre des dizaines de dB (1ère ligne) est 2 (et correspond à la puissance de 10) et le nombre d'unités de dB (2ème 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 10^2 , soit 100) et le rapport correspondant à 6 unités de dB est 4, d'où un rapport arithmétique de : $100 \times 4 = 400$

Exemples :

Table de conversion simplifiée :

Rapport arithmétique \Rightarrow dB :

unités de dB :

0

3

6

9

1) Rapport = 8 \Rightarrow 9 dB

Rapport arithmétique :

1

2

4

8

2) Rapport = 400 = 100 x 4 = 10² x 4 \Rightarrow 26 dB

Dizaine de dB = nombre de 0 du rapport

dB \Rightarrow Rapport arithmétique:

Exemples convertis avec la table simplifiée :

3) 16 dB \Rightarrow 101 x 4 = 10 x 4 = 40

dB

9

2 6

1 6

2 0

3 3

4) 20 dB \Rightarrow 10² x 1 = 100 x 1 = 100

Ex n°

1

2

3

4

5

5) 33 dB \Rightarrow 103 x 2 = 1000 x 2 = 2000

Rapport 8

4 00

4 0

1 00

2 000

Sur une calculette :

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*) \div 10 = 3,3 [10x] = 1995,26 arrondi à 2000

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

ou, en écriture naturelle : $10^{(33 \text{ dB})/10} = 1995,26$ 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 calculette**, 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 :

$$-16 \text{ dB} = 1 / (10 \times 4) = 1 / 40 = 0,025).$$

Les décibels se définissent à partir des logarithmes et possèdent donc les caractéristiques de ces derniers : 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 ?

PL (Connecteur HF)

33 m de câble coaxial

Antenne : gain = 19 dB

Perte d'insertion = 2 dB

Préampli

Perte = 3 dB / 100 m

Gain = 20 dB

Réponse :

Perte du câble coaxial au mètre : $3 \text{ dB} / 100 = 0,03 \text{ dB}$ donc perte du câble coaxial : $0,03 \text{ dB/m} \times 33 \text{ m} = 1 \text{ dB}$

Gain de l'ensemble : $19 \text{ dB} + 20 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$ (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 = $3\sqrt[3]{0,5}$ « racine cubique de 0,5 » $\approx 0,8$ soit 20% pour 33 mètres.*

Par tâtonnements, on trouve que $0,83 = 0,8 \times 0,8 \times 0,8 \approx 0,5$; donc $3\sqrt[3]{0,5}$ ($= 0,51/3$) $\approx 0,8$. La racine cubique (notée $3\sqrt[3]{}$) 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 $0,5^2 = 0,25$ ($= 1/4 = -6 \text{ dB}$, soit $0,03 \text{ dB} \times 200$).

La simplification en calculant avec les décibels est évidente dans cet exemple. Les calculs seraient difficilement réalisables si les rapports des longueurs n'étaient pas des rapports simples (1/3 et x2 dans nos exemples).

- 58 -

Autres conversions : antenne : 19 dB correspond à un rapport de 80 ; préamplificateur : 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 (Us / Ue)***

*ou **Us = 10 (dB / 20) x Ue**. 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 (effet du logarithme) : 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 $U_e = 4 \text{ V}$

$U_s = 8 \text{ V}$

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 = $20 \log (U_s / U_e) = 20 \log (8 / 4) = 20 \log (2) = 20 \times 0,3 = 6 \text{ dB}$

Attention : ceci n'est valable que si les impédances d'entrée et de sortie sont identiques.

Amplificateur

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 : $R = 1/\omega C$
 $\Leftrightarrow R = 1/\omega C \Leftrightarrow$

F(Hz) = 1 ; formule simplifiée : **F(Hz) = 159 / R(kΩ) / C(μF)** ωC

$2\pi FC$

$2\pi R(\Omega)C(F)$

Filtre RC passe-haut Entrée

Entrée

Sortie

Entrée

Sortie V

R

0 dB

Ve

C

Sortie

Vs

C

Ve

-3 dB

R

Vs

Filtre RC passe-bas -6 dB

f

f

0 Hz

Fc

2 Fc

Fc

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

200 Ω

Réponse : formule simplifiée : F (en Hz) = $159 \div 0,2$ (R en kΩ) $\div 5$ (C en μF) = 159 Hz Sur une calculette : 200 (R) $\times 5 \cdot 10^{-6}$ (C) = $1 \cdot 10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 6,2832 \cdot 10^{-3} [1/x] = 159,15 \cdot 100 = 159$ Hz 5 μF

en écriture naturelle : $F = 1 \div (2 \times [\pi] \times 200$ (R) $\times 5 \cdot 10^{-6}$ (C)) = 159,15.100 = 159 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 2ème octave est l'harmonique 4

(4 fois la fréquence). La 3ème 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 2ème 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 5ème octave supérieure et sa 3ème décade inférieure.

Réponses : 5ème octave supérieure = fréquence x 25 = F x 32 = 150 kHz x 32 = 4800 kHz = 4,8 MHz
3ème 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 (puisque $P=U^2/R$), 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 ?

21,22 Ω

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 5 μF

V

coupure. L'atténuation de ce filtre à cette fréquence est donc de 12 dB. Le rap-e = 4 V

V_s

port de tension correspondant à -12 dB est : $10(-12/20) = 10(-0,6) = 0,25$. Donc : $V_s = V_e \times 0,25 = 1$ V. Plus précisément, $Z_C = 1/(2\pi FC) = 5,3052 \Omega$; $Z_{RC} = \sqrt{(21,22^2 + 5,3052^2)} = 21,873 \Omega$; $V_s = V_e \times (Z_C / Z_{RC}) = 0,9702$ V

soit une atténuation de 12,30 dB au lieu des 12 dB prévus initialement (voir la courbe réelle au § suivant).

- 59 -

Les bobines ayant un comportement inverse par rapport aux condensateurs, les circuits L

RL ont un comportement inverse par rapport aux circuits RC. La fréquence de coupure des circuits RL est : $F = R / (2\pi L)$. Ces circuits montés en passe-haut ou passe-bas (en Filtre RL

R

inversant la place de la bobine) ont les mêmes caractéristiques que les circuits RC.

passe-bas

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 : $F_c = F_o = 1 / 1$

formule simplifiée : **F(MHz) = 159**

$2 \pi \sqrt{LC}$ 6,28 $\sqrt{L \cdot C}$

$\sqrt{L(\mu\text{H}) \cdot C(\text{pF})}$

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

Filtre **Série** (Passe bande)

Filtre **Parallèle** (ou **Bouchon** ou coupe bande)

Schéma

L

C

C

Impédance

Nulle pour F_0

L

Infinie pour F_0

Vs

Vs

Réponse en

Vs

Vs

Fréquence

ou

ou

Z

f

Z

f

Résonance

F_0

F_0

Filtre **Passe Haut**

Filtre **Passe Bas**

Schéma

Vs

L

C

Vs

C

Vs

Vs

L

Réponse en

Fréquence

f

f

Coupure

Fc

Fc

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 calculette : $L \times C = 32 \cdot 10^{-6} (L) \times 200 \cdot 10^{-12} (C) = 6,4 \cdot 10^{-15} [\sqrt{\quad}] = 80 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 502,655 \cdot 10^{-9} [1/x]$

= 1,98944.106 converti en 1,989 MHz arrondi à 2 MHz

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times \sqrt{\quad} (32 \cdot 10^{-6} (L) \times 200 \cdot 10^{-12} (C))) = 1,98944.106$ 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

- 60 -

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 (2×6) par octave ou encore de 40 dB

(2×20) 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 Atténuation

graphiques dont les échelles sont logarithmiques : l'échelle des abscisses

0 dB

(axe horizontal) donne les fréquences : chaque doublement de la

- 3 dB

fréquence prend la même place. L'atténuation du filtre (en dB) est

donnée sur l'échelle des ordonnées (axe vertical). La particularité d'un

- 30 dB

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

- 60 dB

en dB/octave

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.

1/4F 1/3F 1/2F Fc 2 F 4 F

Dans ce graphique, la pente a son origine à la fréquence de coupure (Fc). 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 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 7ème ordre. Si ce filtre était passe bas, à l'harmonique 3, l'atténuation serait égale à 42 dB x 2

= 59,4 dB (proche de -60 dB correspondant dans notre exemple à l'atténuation à 1/3 F, plus proche sur le graphique de 1/4 F que de 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 R 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, soit en parallèle avec le condensateur représentant son défaut d'isolement. Aussi, dans les formules ci-dessous, la réactance (XL) sera distinguée de l'impédance (ZL), cette dernière incluant R. 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. Cette résistance a une incidence négligeable sur la pente d'atténuation des filtres passe-haut ou passe-bas.

25 µH 100 pF
20 Ω
25 µH
Circuit
25 µH
20 Ω
100 pF
parallèle
Circuit série
Circuit bouchon
100 pF

L et C ayant les mêmes valeurs, les circuits ont la même fréquence de résonance.

12,5 kΩ

Les résistances n'ont pas d'incidence sur la fréquence de résonance des circuits.

Exemple : calcul de la fréquence de résonance : $F_0 = 159 / \sqrt{LC} = 159 / \sqrt{25 \times 100} = 159 / 50 = 3,18 \text{ MHz}$ 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 : $F_0 = 159 / \sqrt{L \times C} = 159 \div (\sqrt{25 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 100 (C \text{ en } \text{pF})}) = 3,18 \text{ MHz}$ 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) : $\sqrt{[\rho (\Omega \cdot \text{m})] / \pi \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot F(\text{Hz})}$ 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).

- 61 -

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 $X_L = X_C$ donc $\omega L = 1/\omega C$, donc $\omega L - (1/\omega C) = 0$, donc **Zsérie = Rsérie 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 : $Z_{bouchon} = \sqrt{((\omega L)^2 + R^2) \times 1/(\omega C)}$ ωL étant grand par rapport à R, on a : $Z_{LR} = \sqrt{((\omega L)^2 + R^2)} \approx \omega L$

$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$ 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 **Zbouchon = L/(R.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 **Zparallèle = Rparallèle à la résonance**.

Dans les exemples ci-dessus : sans calcul, on trouve que $Z_{série} = R = 20 \Omega$ et que $Z_{parallèle} = R = 12,5 k\Omega$

calcul de l'impédance à la résonance du circuit bouchon : $Z_{bouchon}(\Omega) = L(H) / [R(\Omega) \times C(F)]$

$= 25.10^{-6} / (20 \times 100.10^{-12}) = 25.10^{-6} / 20.10^{-10} = (25/20).10^4 = 1,25.10^4 = 12,5 k\Omega$

ou, avec la formule simplifiée : $Z_{bouchon}(k\Omega) = L(\mu H) / R(k\Omega) / C(pF) = 25 / 0,020 / 100 = 12,5 k\Omega$

Sur une calculette : $25.10^{-6} (L) = 2,5.10^{-5} \div 100.10^{-12} (C) = 2,5.10^5 \div 20 (R) = 1,25.10^4$ converti en 12,5 kΩ

formule simplifiée : $Z_{bouchon} = L / R / C = 25 (L \text{ en } \mu H) \div 0,02 (R \text{ en } k\Omega) \div 100 (C \text{ en } pF) = 12,5 k\Omega$

Le **facteur Q** définit la qualité d'un circuit. Si L et C sont en parallèle, Q est le rapport obtenu en divisant l'impédance à la résonance (Z) par la partie réactive de la bobine ou du condensateur (XL ou XC, les deux valeurs étant identiques à la résonance). Si L et C sont montés en série, le rapport est inversé. Plus Q est faible, plus l'oscillation du circuit s'amortit rapidement car l'énergie disponible est dissipée dans R.

Calcul du **facteur Q d'un circuit bouchon** : **Qbouchon = Zbouchon / XL** ou **Qbouchon = Zbouchon / XC**

Calcul du **facteur Q d'un circuit série** : **Qsérie = XL / Zsérie = XL / R** ou **Qsérie = XC / Zsérie = XC / R**

Pour transformer ces équations, on verra au § 4.6 que : $X_L (=X_C) = \sqrt{L / C}$ et on a vu que : $Z_{bouchon} = L / (C \times R)$ Pour le circuit série, en remplaçant $Z_{série}$ par $R_{série}$ et X_L (ou X_C) par sa valeur, on obtient : **Qsérie = $\sqrt{L / C} / R$**

Pour le circuit bouchon, en remplaçant les valeurs $Z_{bouchon}$ et $X_L (=X_C)$: $Q_{bouchon} = [L / (C \times R)] / [\sqrt{L / C}]$.

Après transformation, on obtient : **Qbouchon = $\sqrt{L / C} / R$** , soit la même formule que $Q_{série}$ Autres présentations de la formule : $Q = \sqrt{L / C} / R / R$. Sur une calculette : $L / C / R / R [\sqrt{\quad}] = Q$

formule simplifiée : $Q_{bouchon} = Q_{série} = \sqrt{[L(\mu H) / C(pF)]} / R(k\Omega)$

Dans l'exemple du circuit bouchon ou du circuit série : $X_L = 2\pi FL = 6,28 \times 3,18.10^6 \times 25.10^{-6} = 499,26 \Omega \approx 500 \Omega$

ou $X_C = 1/(2\pi FC) = 1/(6,28 \times 3,18.10^6 \times 100.10^{-12}) = 1/(1,997.10^{-3}) = 500,75 \Omega \approx 500 \Omega$

donc : $Q_{bouchon} = Z_{bouchon} / X_L = Z_{bouchon} / X_C = 12500 / 500 = 25$

ou $Q_{bouchon} = \sqrt{L / C} / R = \sqrt{(25.10^{-6} / 100.10^{-12})} / 20 = \sqrt{(0,25.10^6)} / 20 = 0,5.10^3 / 20 = 500 / 20 = 25$

$Q_{série} = X_L / R = 500 / 20 = 25$ (le résultat est identique à $Q_{bouchon}$ bien que la formule ne soit pas la même) Sur une calculette : $25.10^{-6} (L) \div 100.10^{-12} (C) = 250.10^3 \div 20 (R) = 12,5.10^3 \div 20 (R) = 6,25.10^2 [\sqrt{\quad}] = 25 = Q$

formule simplifiée : $Q = \sqrt{[L(\mu H) / C(pF)]} / R(k\Omega) = \sqrt{(25/100)} / 0,02 = 0,5 / 0,02 = 25$

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 : $U = \sqrt{P \times Z} = \sqrt{(50.10^{-12} \times 12,5.10^3)} = \sqrt{(625.10^{-12+3})} = 7,9.10^{-4} = 790 \mu V$ (soit un écart égal à la racine carrée du rapport des impédances : $790 / 50 = 15,8$ et $\sqrt{(12500 / 50)} = \sqrt{(250)} = 15,8$).

Dans un circuit série, le facteur Q est égal au rapport de la tension efficace aux bornes du condensateur UC

divisé par la tension efficace U aux bornes du circuit RLC lorsque le circuit est à la fréquence de résonance. En effet, **Q = XC / R = XC.I / R.I = UC / U**. Si Q est grand, la tension aux bornes du condensateur peut prendre des valeurs élevées par rapport à la tension aux bornes de l'ensemble. Q apparaît comme un facteur de surtension.

Dans le circuit parallèle, L et C étant en parallèle, on a : **Qparallèle = Zparallèle / XL = Zparallèle / XC = R / XL = R / XC**

et, comme on a déjà vu, $X_L = X_C = \sqrt{L / C}$ d'où : **Qparallèle = R / $[\sqrt{L / C}]$**

Dans l'exemple du circuit parallèle : $Q_{parallèle} = R / X_L = R / (2\pi FL) = 12500 / (6,28 \times 3,18.10^6 \times 25.10^{-6}) = 12500 / 500 =$

25 ou $Q_{\text{parallèle}} = R / \sqrt{L/C} = 12500 / \sqrt{25 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^{-12}} = 12500 / \sqrt{0,25 \cdot 10^6} = 12500 / 500 = 25$. Avec des valeurs pour L et C identiques et lorsque $R_{\text{parallèle}} = XL^2 / R_{\text{bouchon}}$ (XL étant calculé à la résonance), le circuit parallèle et le circuit bouchon ont le même facteur Q.

Circuit

Bouchon

Série

Parallèle

Les valeurs que prennent Z et Q selon le circuit

Z

$L / (C \times R)$

R

R

utilisé sont récapitulées dans le tableau ci-contre :

Q

$\sqrt{L/C} / R$

$\sqrt{L/C} / R R / \sqrt{L/C}$

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 : $B_{\text{bouchon}} = B_{\text{série}} = B_{\text{parallèle}} = 3,18 \text{ MHz} / 20 = 0,159 \text{ MHz} = 159 \text{ kHz}$ 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

- 62 -

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 ?

0

9

Réponse : La puissance crête du signal mesure 39 dBm. La

bande passante de ce signal à -13 dB est la largeur du signal

2

3

,5

6

dont la puissance est supérieure à 26 dBm (= 39 dBm -13 dB).

4

2

Les fréquences extrêmes du signal sont 540 et 600. La bande

3 1

passante à -13 dB du signal est de 60 (= 600 - 540).

m

1

Si on n'avait que la graduation en volts, puisque U

B

500 520 540 560 580 600 620

maxi = 20 V,

V

d

que -13 dB correspond à un rapport de puissance de 1/20 et

que, d'autre part, on a $U = \sqrt{P.R}$, la tension à -13 dB serait calculée comme suit : $20 V / \sqrt{20} = 20 / 4,5 = 4,5 V$.

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 dB

Courbe de réponse du filtre

aussi réjection ultime et notée δF à -60 dB ; δ : lettre grecque minuscule

constitué des 2 cellules

delta signifiant « variations »). En pratique, d'autres niveaux de

0 dB

réjections ultimes peuvent être définis (-40 dB par exemple). Le **facteur** -3 dB

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, Courbes

plus le facteur de forme se rapproche de 1 sans jamais l'atteindre.

-60 dB

de réponse

S (%) = [(B x 100) / δF à -60 dB] et f = 100 / S ou f = δF à -60 dB / B

des 2 cellules

Exemples : dans le schéma ci-dessus représentant la courbe de réponse d'un F

filtre passe bande, on mesure B = 5 kHz et δF à -60 dB = 25 kHz. Quels

B (= δF à -3 dB)

sont le taux de sélectivité et le facteur de forme du filtre ?

réjection ultime

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

δ

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

F à -60 dB

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 CT (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.

TX

ANT TX

ANT

ANT

TX

CV1

CV2

Filtre en Π

C

CV1

CV2

T = CV1 x CV2

Filtre en T

Équi-

CV1

CV2

CV1 + CV2

valent à

- 63 -

4.6) Autres calculs à partir des formules de ce chapitre (variantes des formules des § 4.3 et 4.4). Bien que ce paragraphe soit édité en italique, quelques questions d'examen nécessitant la maîtrise de formules citées ci-dessous ont été recensées (en particulier R à calculer à partir de L, C et Q).

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

- 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, en mettant au carré les deux termes : $F^2 = 1 / [4\pi^2 LC]$, 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 ci-dessus, $25330 = 10\,000 / 4\pi^2 \approx 159^2$

- Calcul de la pulsation de la fréquence de résonance : $2\pi F = 1/\sqrt{LC}$ donc : $\omega = 1/\sqrt{LC}$

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

Sur une calculette, à partir des valeurs du circuit bouchon du § 4.4 :

- Calcul de C avec $F = 3,183$ MHz et $L = 25$ μH

$C = 3,183.106 (F) [x^2] = 10,131.1012 \times 25.10^{-6}(L) = 253,29.106 \times 4 \times [\pi] \times [\pi] = 9,99.109 [1/x] = 100.10^{-12} = 100 \text{ pF}$

en écriture naturelle : $C = 1 / (4 \pi^2 F^2 L) = 1 / (4 \times [\pi]^2 \times [3,183.10^{-6}]^2 \times 25.10^{-6}) = 100.10^{-12} = 100 \text{ pF}$

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 L avec $F = 3,183$ MHz et $C = 100$ pF :

$L = 3,183.106 (F) [x^2] = 10,131.1012 \times 100.10^{-12}(C) = 1013.100 \times 4 \times [\pi] \times [\pi] = 39,99.103 [1/x] = 25.10^{-6} = 25 \mu\text{H}$

en écriture naturelle : $L = 1 / (4 \pi^2 F^2 C) = 1 / (4 \times [\pi]^2 \times [3,183.10^{-6}]^2 \times 100.10^{-12}) = 25.10^{-6} = 25 \mu\text{H}$

formule simplifiée : $L(\mu\text{H}) = 25330 \div 3,183^2 (F \text{ en MHz}) \div 100 (C \text{ en pF}) = 25330 / 3,183 / 3,183 / 100 = 25 \mu\text{H}$

- Calcul de la pulsation : $\omega = 25.10^{-6}(L) \times 100.10^{-12}(C) = 2,5.10^{-15} [1/x] = 50.10^{-9} [1/x] = 20.106 = 20\,000\,000 \text{ rad/s}$ en écriture naturelle : $\omega = 1/\sqrt{LC} = 1/\sqrt{25.10^{-6} \times 100.10^{-12}} = 20.106 = 20\,000\,000 \text{ rad/s}$ Vérification : $\omega = 2\pi F = 2 \times \pi \times 3,183.106 = 6,28 \times 3,183.106 = 19\,989\,240$ arrondi à $20\,000\,000 \text{ rad/s}$

- Calcul de X_L et de X_C : $X_L = \sqrt{L/C} = 25.10^{-6}(L) \div 100.10^{-12}(C) = 250.103 [1/x] = 500.100 = 500 \Omega$

en écriture naturelle : $X_L = \sqrt{L/C} = \sqrt{[25.10^{-6}(L) \div 100.10^{-12}(C)]} = 500.100 = 500 \Omega$

Vérification : $X_L = 2\pi FL = 6,28 \times 3,183.106 \times 25.10^{-6} = 499,731$ arrondi à 500Ω

formule simplifiée : $X_L = \omega L = 6,28 \times F(\text{MHz}) \times L(\mu\text{H}) = 6,28 \times 3,183 \times 25 = 500 \Omega$

$X_C = 1 / (2\pi FC) = 1 / (6,28 \times 3,183.106 \times 100.10^{-12}) = 1 / (1,998.10^{-3}) = 500,3.100$ arrondi à 500Ω

formule simplifiée : $X_C = 159 / F(\text{MHz}) / C(\text{nF}) = 159 / 3,183 / 0,1 = 500 \Omega$

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

- A la résonance, $\omega L = 1/\omega C$ et $Z_{\text{bouchon}} = (\omega L / \omega C) / R = (\omega L)^2 / R$ donc **$Z_{\text{bouchon}} = X_L^2 / R$** ou **$Z_{\text{bouchon}} = X_C^2 / R$**

- Puisque $Z_{\text{bouchon}} = X_L^2 / R$ ou $Z_{\text{bouchon}} = X_C^2 / R$ et que $Q = Z_{\text{bouchon}} / X_L$ alors : **$Q_{\text{bouchon}} = X_L / R = X_C / R$** . On retrouve la formule de calcul de Q_{serie} (voir § 4.4) puisque ces deux circuits ont le même facteur Q . Ces formules montrent que le facteur Q est proportionnel à la fréquence de résonance du circuit. Toutefois, dans les circuits bouchon et série, l'effet de peau mis en évidence par R et qui augmente avec la fréquence atténue les variations du facteur Q en fonction de la fréquence.

- La résistance R d'un circuit bouchon non parfait n'est pas facilement mesurable. En revanche, elle peut se déduire assez facilement à partir de la mesure de la bande passante à -3 dB (B) du circuit bouchon. A 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, $Q = \sqrt{L/C} / R$ pour le circuit bouchon et le circuit série, d'où : **$R_{\text{bouchon}} = R_{\text{serie}} = \sqrt{L/C} / Q$**

- On sait que $Q = Z_{\text{bouchon}} / X_L$ donc $Z_{\text{bouchon}} = Q \times X_L$. En remplaçant X_L par sa formule, **$Z_{\text{bouchon}} = \sqrt{L/C} \times Q$**

D'autre part, $Q_{\text{parallèle}} = Z_{\text{parallèle}} / X_L = R_{\text{parallèle}} / X_L$ donc $R_{\text{parallèle}} = X_L \times Q$ donc : **$R_{\text{parallèle}} = \sqrt{L/C} \times Q$**

- A la lecture de ces deux dernières formules, on remarque que : **$Z_{\text{bouchon}} = R_{\text{bouchon}} \times Q^2$**

Formules simplifiées :

$R_{\text{bouchon}}(\text{k}\Omega) = R_{\text{serie}}(\text{k}\Omega) = \sqrt{[L(\mu\text{H}) / C(\text{pF})] / Q}$

et

$Z_{\text{bouchon}}(\text{k}\Omega) = R_{\text{parallèle}}(\text{k}\Omega) = \sqrt{[L(\mu\text{H}) / C(\text{pF})] \times Q}$

Exemples à partir des valeurs du circuit bouchon du § 4.4 :

$$Z_{\text{bouchon}} = XL^2 / R = XC^2 / R = 500^2 / 20 = 12500 \Omega$$

$$Q_{\text{bouchon}} = XL / R = 2\pi FL / R = [6,28 \times 3,183.106 \times 25.10^{-6}] / 20 = 500 / 20 = 25$$

$$Q_{\text{bouchon}} = XC / R = [1 / (2\pi FC)] / R = [1 / (6,28 \times 3,183.106 \times 100.10^{-12})] / 20 = 500 / 20 = 25$$

$$R_{\text{bouchon}} = \sqrt{(L / C) / Q} = \sqrt{[25.10^{-6} / 100.10^{-12}] / 25} = \sqrt{(0,25.106) / 25} = 0,5.103 / 25 = 500 / 25 = 20 \Omega$$

$$\text{formule simplifiée : } R(\text{k}\Omega) = \sqrt{[L(\mu\text{H}) / C(\text{pF})] / Q} = \sqrt{(25 / 100) / 25} = 0,5 / 25 = 0,02 \text{ k}\Omega = 20 \Omega$$

$$Z_{\text{bouchon}} = \sqrt{[L / C] \times Q} = \sqrt{[25.10^{-6} / 100.10^{-12}] \times 25} = \sqrt{(0,25.106) \times 25} = 500 \times 25 = 12500 \Omega$$

$$\text{formule simplifiée : } Z(\text{k}\Omega) = \sqrt{[L(\mu\text{H}) / C(\text{pF})] \times Q} = \sqrt{(25 / 100) \times 25} = 0,5 \times 25 = 12,5 \text{ k}\Omega = 12500 \Omega$$

$$\text{Vérification : } R_{\text{bouchon}} \times Q^2 = 20 \times 25^2 = 20 \times 625 = 12500 = Z_{\text{bouchon}}$$

- 64 -



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** sens conventionnel

un sens qui est indiqué arbitrairement par une flèche. Les diodes sont formées du courant

+

de deux cristaux semi-conducteurs en Silicium (Si) ou en Germanium (Ge) P

N

-

accollés 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 Anode

Cathode

de $\text{k}\Omega$). La cathode de la diode est repérée au K (inversé dans notre schéma

0,65 V (Si) ou 0,3 V (Ge)

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 et 0,3 V pour celles au Germanium. 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).

I_d

0,6 V

Tension Zener

0,7 V

ou d'avalanche

SENS INVERSE

SENS DIRECT

Ud

Zone VARICAP

Zone REDRESSEMENT

Une des polémiques les plus courantes concerne la tension de seuil : 0,6

Zone ZENER

ou 0,7 V pour les diodes au Silicium ? Les deux réponses sont exactes :

0,6 V est la tension à partir de laquelle l'intensité augmente et 0,7 V est la tension pour laquelle la pente de la diode croise l'axe de la tension.

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 (manque d'électron) 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).

Si

Si

Si

Si

Sb

Si

électron

trou

libre

Si

As

Si

Si

Si

Si

CRISTAL dopé P

CRISTAL dopé N

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 ils ne sont pas 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

- 65 -

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

P

N

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 Ω) car aucun courant ne peut circuler. Lorsque la diode est alimentée en sens inverse (zone N

Barrière de Potentiel

reliée au + et zone P reliée au -), les

Trous

Electrons libres

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

U

s

L

U

Uz

Rz

C

Mono alternance

e

arg

Ci

Zener

h

Varicap

C

Schémas

US

Tension de commande

Double alternance avec point milieu

La diode Zener est une

du circuit

U

soupape qui stabilise la

S

La fréquence du circuit LC

tension U_z aux bornes de la

varie en fonction de la tension

charge. R_z , calculée selon

d'alimentation de la diode

l'intensité consommée par

Varicap. La tension de

la charge, soulage la diode

Redressement double alternance commande est isolée par Ci. La Zener. La diode est montée avec pont à 4 diodes

diode est montée en inverse.

en inverse.

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 qui est isolante s'élargit, plus sa capacité est faible (effet de l'augmentation de l'épaisseur du diélectrique dans un condensateur).

La diode Varicap sera montée avec des condensateurs qui isoleront sa tension de commande. Les diodes Zener sont parfois utilisées dans cette fonction car elles sont plus courantes (et moins chères) que les Varicap et leur capacité est plus forte que celle des simples diodes de redressement.

La **diode Zener**, reconnaissable à sa forme en Z (deux représentations possibles, voir ci-contre), 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 de Zener

cocotte-minute 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 1 k Ω

orangé sont les plus courantes. *Les LED sont montées avec une résistance de 1 k Ω en série + 5 V*

LED

pour limiter le courant lorsqu'elles sont alimentées en 5 ou 12 V.

Enfin, les diodes peuvent être utilisées comme des **commutateurs** pour courant alternatif et remplacent les relais électromécaniques. Le schéma ci-contre illustre cette E

S

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 adaptées pour fonctionner dans les commutateurs HF à la place des diodes jonction classiques : 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 PIN reste passante plus longtemps qu'une diode jonction PN

classique. De même, lorsque la diode PIN 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 PN 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 volt 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

U_{max} - chute

2 1 2

des diodes

t

1,4V

t

t

Alternance 2 redressée

Passage dans 2 diodes

Filtrage

Calcul

Us ne change pas

Chute de $2 \times 0,7 \text{ V}$

$$U_s = (U \times 1,414) - (2 \times 0,7 \text{ V})$$

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)

r

Régulateur

Pont

teu

e

Pont

rg

e

ilisa

a

b

h

rg

C

Tension de

a

ta

h

S

référence

C

Condensateur de

filtrage .

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. Comme pour les diodes, le sens de la flèche indique le sens du courant dans le transistor. Un transistor est composé d'un **émetteur** repéré par la flèche, 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) dopé comme l'émetteur. 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.

+ + + Collecteur

Collecteur

N

P

N

+

Transistor NPN

+

Émetteur Base Collecteur

PNP

Base

Base

Émetteur

Émetteur

P

N

P

+ + +

Collecteur

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. L'émetteur est Émetteur

fortement dopé et la base, très mince, est faiblement dopée. Si bien que la recombinaison Base

électron-trou au niveau de cette jonction fonctionne mal. Quelques charges se recombinent mais la majorité des charges (99%) se dirigent vers la jonction base-collecteur polarisée Brochage d'un boîtier en inverse. Le collecteur est peu dopé, comme la base. Cette jonction est donc peu active et TO18 vu du dessus

les charges, attirées par la tension du collecteur, y sont propulsées : c'est l'effet transistor.

Les transistors jonction au Germanium génèrent moins de bruit que ceux au Silicium.

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

fonction du courant de base. β (lettre grecque bêta minuscule) est

I

+

$b = I_c / \beta$

le gain du transistor, désigné aussi par h_{FE} dans les caractéristiques I

du constructeur (data sheet ; h = fonction de transfert ; $F = F_{forward} = I_c / (I_b + I_c)$)

$$I_c = I_b \cdot \beta$$

current amplification ; E = common Emitter). Quelle que soit la

COLLECTEUR

I

tension collecteur, on a I

β

β

C

$I_c = I_b \cdot \beta$ ou $I_b = I_c / \beta$. On pourra utiliser le

triangle comme pour la loi d'Ohm. Le gain est toujours donné par

I_b

BASE

V_{ce}

I

le constructeur pour du courant continu et pour une température de

$B \beta$

20°C. **Le gain augmente avec la température**, d'où les problèmes

$V_{be} \approx 1 \text{ V}$

liés à l'emballement thermique. Le gain du transistor diminue

$$I_e = I_c + I_b$$

lorsque la fréquence à amplifier augmente. La **fréquence de**

EMETTEUR

$$I_e = I_b \cdot (\beta + 1)$$

$$\beta = I_c / I_b$$

coupure est la fréquence pour laquelle le gain du transistor n'est I_c / I_b

$$\beta = (I_c / I_b)$$

plus que de 70% du gain initial en courant continu. Donc, à cette

$$I_c / I_b - 1$$

fréquence, la puissance dissipée sera atténuée de 3 dB (voir § 4.1 :

dB exprimé en rapport de tension ou d'intensité)

Exemple : sur la base d'un transistor dont le gain (β) est de 80 est appliqué un courant de 500 μA . 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

+

Sortie

Sortie

R

Entrée

Schémas

Entrée

Sortie

R

Entrée

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 **Entrée / Sortie**

Moyenne / Élevée

Élevée / Basse

Basse / Très élevée

Déphasage

180° (signal inversé)

Pas de déphasage

Pas de déphasage

- 68 -

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**, le **drain** est en sortie, et la commande se nomme la **porte** (gate en anglais). *Les FET (surtout ceux à l'arséniure de gallium, cristal GaAs) génèrent beaucoup moins de bruit que les transistors jonction.*

Le FET est constitué d'un barreau semi-conducteur de type N

*+
Structure interne d'un FET*

appelé canal. Aux deux extrémités du canal sont reliées la

Drain

Source

Drain

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 Porte aussi appelée aussi grille par référence aux tubes. La

Bague P

Canal N

jonction PN au niveau de la porte est isolante lorsque la

Porte

tension de la porte est négative par rapport au canal.

Source

Lorsque la tension inverse sur la porte augmente, la barrière

de potentiel s'élargit, le canal se rétrécit et l'intensité

Id

*diminue. On ne parle pas de gain mais de **pen**te, qui est le Pente d'un*

rapport obtenu en divisant l'intensité du drain par la tension

transistor FET =

*appliquée à la porte (**pen**te = I*

I

d/Vg). L'impédance d'entrée du

d / Vg

circuit est très grande (de l'ordre de l'impédance de la diode

montée en sens inverse). L'impédance de sortie est très faible

cut-off ou décollage

saturation

+V

et varie en fonction de la tension de porte (V

g

g). La puissance

admissible par les FET reste faible.

Dans un MOS-FET double porte, G1 est la porte (ou grille) de

Drain +

commande où le signal d'entrée est appliqué, la tension de G2

est ajustée pour obtenir la pente désirée. A la différence des

G1

FET, la tension de commande des portes est positive par

Structure interne

Portes.

rapport à la source. Dans un substrat (équivalent du canal

d'un MOS-FET

pour les FET) faiblement dopé P, sont insérées deux zones N

G2

– Portes +

fortement dopées qui seront la source et le drain du MOSFET ;

Source

Source Drain

elles sont distantes d'une dizaine de μm et séparées par le

substrat P. La source est reliée au substrat. Les portes, placées

MOS-FET

++++

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.

N

N

Par effet capacitif, les tensions positives présentes sur les

portes attirent les rares électrons présents dans le substrat P

Substrat P

créant ainsi une zone N conductrice plus ou moins étroite entre

+

la source et le drain. La puissance admissible par les MOS-

Base 2

FET les rend fréquents dans les étages de puissance.

Émetteur

Le transistor unijonction (UJT), appelé aussi diode à deux bases, est composé UJT

d'un émetteur sur lequel est appliqué le signal d'entrée et de deux bases. Sa Base 1

structure interne est proche de celle du FET. Ce transistor, peu courant dans les applications radio, est remplacé de nos jours par le thyristor.

- 69 -

anode

Le thyristor est composé d'une anode, d'une cathode et d'une

anode

Thyristor

gâchette et est utilisé en courant continu. Le courant circule comme

dans les diodes de l'anode vers la cathode. La structure interne du

P

thyristor est composé de deux jonctions PN mises bout à bout. Le gâchette

cathode

N

thyristor devient totalement conducteur à la suite d'une impulsion électrique (appelée amorçage) sur la gâchette : la jonction NP

anode 1

P

centrale, normalement isolante, devient passante comme avec le

Triac

N

transistor bipolaire. Non seulement, cette conduction est franche et

brutale mais elle est permanente même après cessation du courant gâchette

gâchette

de gâchette. Le triac est composé de deux thyristors montés tête-anode 2

cathode

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

Ampoule

tubes thermoïoniques mis au point au début du 20ème siècle. Dans

Anode ou

une ampoule en verre ou en céramique, dans laquelle on a fait le

plaque

vide, se trouve deux électrodes : la cathode et l'anode. La **cathode** Filament de est constituée d'un fil métallique chauffé par un **filament** (souvent chauffage

DIODE

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,

Cathode

lorsque sa tension est positive par rapport à la cathode. Le courant

+HT

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

Anode ou

négativement par rapport à la cathode (-6 V à 0 V). Plus la tension

plaque

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

TRIODE

la grille : ils sont repoussés par celle-ci. Ce tube s'appelle triode car il possède trois électrodes (voir ci-contre). A la différence du

-

+ HT

transistor bipolaire, l'intensité de sortie est commandée par la

tension d'entrée. On ne parle pas de gain mais, comme pour les Cathode Grille

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

TETRODE

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

Écran

Suppresseuse

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.

PENTODE

Dans le tube pentode, une troisième grille est ajoutée, la supprimeuse, qui est reliée à la cathode. Sans cette grille, le choc des électrons sur la plaque les fait rebondir et retournent sur l'écran alimenté par une tension positive.

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)

Oscillateur

DOUBLE

TRIODE-

DIODE

TETRODE

ou VALVE

Mélangeur

- 70 -

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 amplifiée, le reste est restitué 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

T1

+

S

L

+

Résistance

S

de charge

+

Fo

E

S

+

C

E

Schéma

de

E

principe

pR

T2

-

T1

VE

Forme du

V

0

0

signal amplifié

V

V

T2

LC

0

t

Niveau de la

La tension de repos est

amplification par T1 :

: restitution par le

tension de

centrée par rapport au

amplification par T2 :

circuit LC accordé sur la

repos (V)

signal d'entrée

fréquence Fo

Déphasage

180°

pas de déphasage

pas de déphasage

Commentaires Montage classique ; génère

2 transistors, 2 transfos ; peut

montage peu courant ; génère

peu d'harmoniques car très

générer des harmoniques

un fort niveau d'harmoniques

linéaire

impaires (3F, 5F, 7F, ...)

(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.

$U(+)$

Les variations de la tension d'entrée passent à travers le condensateur d'entrée, C_e , et créent les variations de I_b

$U(+)$

I_c

(effet diode de la jonction base-émetteur). Les variations

Résistance

d' I_b créent les variations d' I_c ($I_c = \beta \cdot I_b$) quelle que soit la

U_{Rc}

de charge (R_c)

R_1

tension d'alimentation du transistor, V_{ce} . Le courant

Sortie (=entrée collecteur, I_c , est traduit en tension sur R_c ($U = RI$). Cette Entrée

I

de l'étage

b

tension est récupérée sur le condensateur de sortie, C_s , pour

C_s

suivant)

transmettre le signal à l'étage suivant. La résistance de

Ce

Vce

charge détermine la **droite de charge** de l'amplificateur

Vbe

dont la pente est négative. Quand Ib est nul, Ic est nul, URc

R2

est nul et la sortie est au potentiel d'alimentation (+). D'autre

part, le courant maximum dans Rc est : $U(+)/Rc$.

- 71 -

Le graphique est composé de 3 quadrants. Celui du

saturation

courbe de surchauffe

bas représente la variation du courant de base en

Ic

fonction de la tension entre base et émetteur : cette

$U(+)/Rc$

courbe ressemblant à celle de la diode en sens

$\beta = 100$

I

passant montre que le transistor est **bloqué** tant que

$I_b = 40 \mu A$

la tension de seuil de la jonction base-émetteur n'est

3 mA

$I_b = 30 \mu A$

pas atteinte. Le quadrant en haut à gauche représente

le rapport I_c / I_b , c'est-à-dire le gain (β) du transistor.

$I_b = 20 \mu A$ Le haut de la courbe montre que le transistor est

saturé au delà d'un certain courant de base. Le

I_b

quadrant de droite représente les valeurs de I_c en

30 μA

5V

$U(+)$ Vce fonction de Vce pour des courants de base fixés. La

Blocage

droite de charge, marquée en pointillé, indique les

points de fonctionnement de l'amplificateur. Cette

droite de charge

droite passe par $U(+)$, la tension d'alimentation et

1V

V

par l'intensité maximale parcourue par la résistance,

be

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 le circuit 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.

Le 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 normalisée de 2200Ω sera utilisée).

7.3) Liaisons entre les étages : un étage est un circuit ayant une fonction ou des caractéristiques particulières (amplificateur ou autre circuit étudié dans les paragraphes suivants). Les étages peuvent être liés de différentes manières. En **direct**, le collecteur est relié à la base du transistor de l'étage suivant. Mais ce système est peu utilisé. Pour éviter les 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 en courant alternatif et afin d'adapter des impédances, la liaison par **transformateur** est utilisée.

Un étage spécifique qui prend le nom de **séparateur** (ou tampon) sert à adapter les niveaux de puissances ou de tensions et/ou les impédances entre deux étages. Dans les synoptiques (voir chapitre 11), il est fréquent que cet étage purement technique ne figure pas car il ne sert pas à la logique du fonctionnement de l'ensemble.

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

Sortie HF

(circuit

bouchon)

et

de

circuits

= Entrée de

spécifiques :

l'étage suivant

R_{cr}

- le **condensateur de découplage**

C_d

(noté C_d sur le schéma) relié à la masse

+

et la bobine de forte valeur (appelée

Entrée HF

Choc

bobine de choc) montée en série au

point d'alimentation du circuit évitent

Re

que la HF amplifiée « remonte » dans la

ligne d'alimentation.

- les transformateurs adaptent les

Ce

impédances entre les étages.

- la résistance notée Rcr 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). Rcr, en réinjectant une partie du signal en opposition de phase sur l'entrée, empêche l'amplificateur d'osciller.

- la résistance présente dans le circuit de l'émetteur (notée Re 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. Re 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, noté « Ce », stabilise la tension aux bornes de Re.

- 72 -

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

Signal d'entrée

Signal de sortie

proportionnel au signal d'entrée. Dans notre

exemple, les fréquences élevées sont moins

Ampli RF

amplifiées que les fréquences basses. Mais

l'inverse peut se produire ou encore le cas où

Fq

Fq une bande de fréquence est plus (ou moins)

F1 F2 F3

F1 F2 F3

distorsion de fréquences

amplifiée que les autres.

Dans le cas d'un amplificateur ayant une **distorsion**

harmonique, s'il n'existe qu'une fréquence en entrée,

Signal d'entrée

Signal de sortie

plusieurs signaux harmoniques (en général 2F et 3F, et

4 F

parfois plus) seront présents en sortie à des niveaux plus

2 V

faibles. Le **taux de distorsion harmonique** (TDH, en

Fq

Fq

%) est le rapport obtenu en divisant la tension du signal

parasite par la tension du signal désiré. Les signaux

F

Ampli RF

F 2F

parasites sont produits par la déformation du signal

distorsion harmonique (ou d'amplitude)

d'entrée après son passage dans l'amplificateur. **La Exemple** : Quel est le taux de distorsion harmonique de *distorsion peut aussi s'exprimer par le niveau d'harmoni- l'harmonique 2 (signal 2F) ?*

nique (en dB). En présence de plusieurs signaux

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

harmoniques (V2F et V3F par exemple), la tension du

signal parasite total (VP) est : $VP = \sqrt{V_{2F}^2 + V_{3F}^2 + \dots}$

Décomposition du signal de sortie

Signal d'entrée

Signal de sortie

t

t

t

Signal d'entrée amplifié

Le signal d'entrée représenté ci-dessus est appliqué à l'entrée d'un t

amplificateur monté en classe A. En sortie, le signal est déphasé de 180° (il est inversé) mais il est aussi déformé (saturation lors de harmonique 2 généré

l'amplification des alternances de sortie positives). L'amplificateur

(avec TDH = 50%)

mal réglé n'est pas linéaire : sa distorsion d'amplitude génère un

harmonique 2. Le signal de sortie, dans notre exemple, est la

signaux

signaux

superposition du signal d'entrée amplifié et de son harmonique 2.

en phase (+)

en déphase (-)

La **distorsion quadratique** (ou d'intermodulation) est une forme de distorsion d'amplitude. Dans ce cas, l'amplificateur se comportera en partie comme un mélangeur (voir §7.7), générant des produits du second ordre (ou produits quadratiques). Si on applique deux fréquences F1 et F2 à l'entrée d'un amplificateur affecté de ce défaut, on trouvera en sortie : F1 et F2 (c'est la fonction première de cet amplificateur), 2xF1 et 2xF2

(comme l'amplificateur à distorsion harmonique ci-dessus) et les mélanges « classiques » $F_1 + F_2$ et $F_1 - F_2$ (ou $F_2 - F_1$).

Exemple : À l'entrée d'un amplificateur non linéaire générant des distorsions quadratiques, les fréquences 1 kHz et 100 kHz sont présentes. Quelles sont les fréquences en sortie ? Réponse : 1, 2, 99, 100, 101 et 200 kHz

Un amplificateur génère des **distorsions cubiques** (ou distorsions du 3ème ordre) lorsque les mélanges font intervenir trois fois les fréquences présentes à l'entrée : $3F_1$, $3F_2$, $2F_1+F_2$, $2F_2+F_1$, $2F_1-F_2$ et $2F_2-F_1$. Ces deux derniers mélanges sont d'autant plus perturbants que F_1 et F_2 sont des fréquences proches.

Exemple : Un amplificateur génère des distorsions cubiques avec, en entrée, 99 et 100 kHz. Fréquences en sortie ?

Réponse : 98 ($2F_1-F_2$), 99 (F_1), 100 (F_2), 101 ($2F_2-F_1$), 297 ($3F_1$), 298 ($2F_1+F_2$), 299 ($2F_2+F_1$) et 300 ($3F_2$) kHz

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

- 73 -

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 de l'étage, 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.

+

+

$C_d =$

Sortie HF

C_d

condensateur

+

Choc

de découplage

C_d

Sortie

CV1 CV2

Sortie

Dv1

Dv2

HF

HF

Q

+

Tension de commande

Oscillateur à Quartz (VXO), système

VFO système Clapp, la HF

Colpitts fréquemment utilisé avec les

est réinjectée par le point

VCO à Varicap système Hartley construit

quartz. Très stable et facile à mettre au

milieu du CV. CV1 et CV2

autour d'un transistor FET. La HF est

point, il offre la possibilité d'utiliser le

sont les deux cages d'un

réinjectée par la bobine. La bobine de choc

circuit LC de sortie en multiplicateur de

condensateur variable

et le condensateur de découplage, Cd, évitent

fréquence (voir § 7.6).

mécaniquement liées

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 le nombre binaire généré 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

Sortie HF

Microprocesseur ou

passer bas (généralement un filtre RC) évite les à-coups

roues codeuses

et stabilise le système. On rappelle que, pour l'examen,

δU

δF

seuls les synoptiques sont à connaître. Le diviseur et le

VCO

Diviseur

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.

Filtre

Φ

p

asse-bas

δU

VXO

Q

Référence

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.

Convertisseur

Q

Micro-

Digital

Filtre Passe-bas

Sortie HF

Référence processeur

Analogique

CDA

3 3

2 1

3 2 1 0 0 1 2 3 3 2

0 0

Génération de l'échantillonnage Transformation en tension

Filtrage de reconstruction (anti-harmonique)

- 74 -

Avec un programme adapté (algorithme), le microprocesseur génère la fréquence par "échantillonnage" : un chiffre représentant la tension à générer est calculé selon une cadence très stable générée par un Quartz. La détermination de cette cadence est importante car, selon le **théorème de Nyquist**, la fréquence maximum générée sera la moitié de la fréquence d'échantillonnage. Ce théorème est aussi valable pour la conversion analogique > digital. En pratique, il convient même de se limiter au quart 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" (crânelage) générés par le convertisseur. Dans un PLL, la fréquence de référence est très basse (effet du circuit diviseur) alors qu'elle est élevée dans un DDS.

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

Oscillateur

Multiplicateur

donc multipliée par 6 ($21 / 3,5 = 6$). Un multiplicateur par 2

?

21 MHz

3,5 MHz

x 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 FM restera exploitable. En revanche, un signal AM ou BLU passant par un multiplicateur de fréquences devient inexploitable car le montage en classe C utilisé n'amplifie que les crêtes du signal.

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 : **$F_{max} = F1 + F2$ et $F_{min} = F1 - F2$** (ou $F2 - F1$) et aussi : **$F1 = (F_{max} - F_{min}) / 2$ et $F2 = F_{max} + F1$**

+

Sortie

Signal à la sortie du mélangeur

(avant le circuit bouchon LC)

LC

F1 = Osc

t

F2 = HF

+

LC est accordé sur la

fréquence désirée

($Osc \pm HF$ ou $F1 \pm F2$)

Résultante $Osc (F1) + HF (F2) = F_{max}$

Résultante $Osc (F1) - HF (F2) = F_{min}$

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 : À la sortie d'un mélangeur, on a 2 MHz et 22 MHz . Quelles sont les fréquences d'entrée du mélangeur ?

Réponse : $F_1 = (F_{\max} - F_{\min}) / 2 = (22 - 2) / 2 = 20 / 2 = 10 \text{ MHz}$; $F_2 = F_{\max} - F_1 = 22 - 10 = 12 \text{ MHz}$.

Mathématiquement, si A et B sont les fréquences présentes à l'entrée d'un mélangeur parfait, la relation des tensions de sortie est : $\sin(A)$. $\sin(B) = \frac{1}{2} \cdot [\sin(A + B) + \sin(A - B)]$. 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 » $F_1 + F_2$ et $F_1 - F_2$ (distorsions quadratiques ou mélanges du 2nd ordre) mais aussi les fréquences F_1 et F_2 et leurs harmoniques (distorsions harmoniques, voir §7.4) ainsi que d'autres combinaisons comme par exemple $[(2 \times F_1) + F_2]$ ou $[(2 \times F_1) - F_2]$ qui sont des mélanges du 3ème ordre (ou distorsions cubiques). Ceci peut provoquer des perturbations si le niveau de ces signaux parasites est élevé. Le circuit bouchon en sortie du mélangeur risque de ne pas être suffisant pour éliminer ces fréquences indésirables.

- 75 -

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, parfois, 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 « variation » en mathématique).

Alim +

Z

-

$e_- = \infty$

δ

$i_{e-} = 0$

$V_S = (V_{e+} - V_{e-}) \times \infty$

Z

+

$e_+ = \infty$

$i_{e+} = 0$

Gain en tension infini

Alim -

Les amplificateurs opérationnels ont une **impédance d'entrée infinie** : aucun courant ne circule dans les entrées.

L'impédance de sortie, théoriquement nulle, est très faible. 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 (ou les tensions d'offset). Si la tension présente sur l'entrée - est inférieure à celle présente sur l'entrée +, la sortie sera au reliée à Alim + (ou Offset +). 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 stabilisée 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.

I

N

R1

IR2

E

R1

R2

S

UE

$$U_S = - U_E \cdot (R_2 / R_1)$$

le-

$$= U_E \cdot G$$

-

UN

δ

$$G = - (R_2 / R_1)$$

+

P

le+

Lorsque la tension du signal d'entrée UE est positive, la tension UN est aussi positive et est supérieure à UP

(= 0 V). UN 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, diminuer la tension en UN et lorsque UN atteindra une valeur inférieure à UP, la sortie basculera vers le + de l'alimentation du circuit, ce qui, par la contre-réaction de R2, fera augmenter UN. Le système se stabilisera autour de la tension UP avec UP = UN = 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). En alimentant l'amplificateur opérationnel « classiquement » entre une tension de 12 volts et la masse, la tension de référence (au point P) ne sera plus 0 V mais une tension intermédiaire (5 V par exemple) générée par un pont de résistances.

Dans la résistance d'entrée R1, située entre E et N, on a $IR_1 = U_E / R_1$ puisque UN = 0. L'impédance d'entrée de l'amplificateur opérationnel est infinie (le- = 0), donc $IR_1 = IR_2$. La sortie S du montage sera à la tension $U_{R2} =$

$U_E \times (-R_2 / R_1) = U_S$. Le gain en tension est donc négatif et est égal à : $G = - (R_2 / R_1)$. 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.

Pendant, il faut faire attention au signe négatif de la résistance R2 (contre-réaction) dans les triangles avec R.

Exemple 1 : Quel est le gain de ce montage ?

E

R1

R2

S

Réponse : gain = $- R_2 / R_1$

-R2

$$= - 25k / 5000$$

$$R_1 = 5000 \Omega$$

$$= - 25000 / 5000$$

-

$$R_2 = 25 \text{ k}\Omega$$

R1 G

= -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

-R2

de contre-réaction (R2) ?

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

R1 G

Exemple 3 : quelle est la tension de sortie ?

100

- 0,5 V

500

S

Réponse : gain = - R2 / R1 = - 500 / 100 = - 5

Tension de sortie = tension d'entrée x gain

US

= - 0,5 V x (- 5) = + 2,5 V

-

ou $US = - UE \times (R2 / R1)$

U

+

E G

= - [(- 0,5 V) x (500 / 100)] = + 2,5 V

- 76 -

8.3) Autres montages : quelques exemples ci-dessous mais seul le montage du § 8.2 est au programme de l'examen. Toutefois, quelques questions ont été recensées sur le montage non inverseur dont le gain est :

$G = (R2 / R1) + 1$ (ou encore $G = (R2 + R1) / R1$ qui donne le même résultat).

Non inverseur

Soustracteur

Intégrateur

Filtre RC

R1

R2

S

E

R

S

R

S

E-

R

R

S

C

-

C

-

-

+

C

E+

R

R

+

+

E

-

E

+

R

$$t(s) = R(\Omega) \cdot C(F)$$

Au bout de $5t$, le

filtre de bande 2 cellules

$$G = (R2 / R1) + 1$$

$G = -1$ car R est constant

condensateur C est

(12 dB/octave)

$$US = UE.G$$

$$US = (UE+) - (UE-)$$

chargé : U

$$F(\text{Hz}) = 1/[2\pi \cdot R(\Omega) \cdot C(F)]$$

$$S \approx UE$$

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)

A

A

A

A

S

Schéma

S

S

S

&

≥ 1

&

=1

B

B

B

B

A B

Sortie

Sortie

Sortie

Sortie

e

1

1

1

0

0

le d

érite

1

1 0

0

1
1
1
ab
v
T
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 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 $\neq 1$) 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, appelées aussi tables de Carnot, peuvent aussi se présenter sous Entrée A

forme de tableau cartésien (tableau à double entrée). Dans ce cas, les valeurs des 1 0

entrées se trouvent en haut et à gauche du tableau. La valeur de la cellule au 1 0 0

croisement de deux entrées est la valeur de la sortie. La table de vérité ci-contre est trée B

nE 0 0 1

celle d'une porte Non Ou (NOR en anglais).

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.

S

porte ET porte OU

porte

R

NON-ET

C

montée en

inverseur

oscillateur

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.

- 77 -

Les montages ci-dessous (appelés bascules R/S : R = Reset = Remise à Zéro ; S = Set = Positionner 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 aujourd'hui par un circuit comprenant un condensateur couplé à un transistor FET

qui permet de récupérer ou de modifier la tension présente sur le condensateur.

+

E1

E1

R

NAND

S1

R

NOR

S1

A

A

Bascule R/S NAND

Bascule R/S NOR

+

entrée à 0

entrée à 1

B

R B

R

NAND

S2

NOR

S2

E2

E2

+

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) ne peuvent prendre que deux valeurs (0 ou 1) : c'est le système binaire (base 2). En revanche, 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 autrement : après 0, on a 1, puis on a 10, puis 11, puis 100, etc.

Pour transformer un nombre dont la valeur est exprimée en

28

27

26

25

24

23

22

21 20

système binaire en un nombre exprimé en système décimal, le

256 128 64 32 16

8

4

2 1

tableau ci-contre est utilisé en additionnant les puissances de 2

binaire

1

0

0

1

1

1 0

correspondant aux valeurs à 1 du nombre en binaire. Ce

équivalent 64

0

0

8

4

2 0

tableau s'arrête à 28 mais il n'y a, bien entendu, pas de limite.

Exemple : soit 1001110 en base 2. Quelle est la valeur en base 10 ?

Réponse : la valeur binaire est positionnée en 3ème ligne du tableau et les valeurs équivalentes en base 10 de la 2ème ligne sont additionnées quand la valeur binaire est égale à 1 (4ème 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 :

décimal 1

2

4

9

19 39 78

le nombre décimal (à droite) est divisé successivement par 2 en

÷ 2

0

1

2

4

9

19 39

retenant pour le nombre binaire le reste de chaque division.

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 (=2¹⁰) octets et 1 Mo (méga-octet) 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

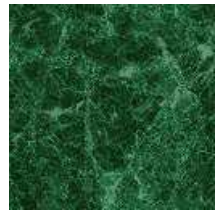
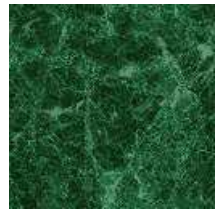
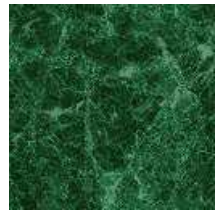
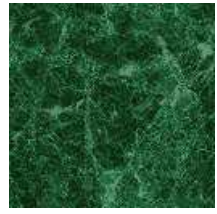
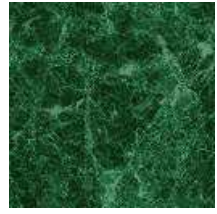
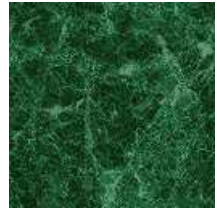
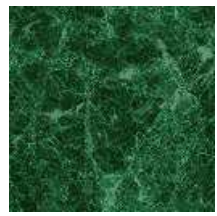
Hexadécimal

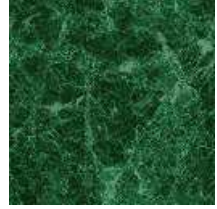
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- A
- B
- C
- D
- E
- F

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 le caractère « N ». Toutefois ce code est limité à 256 possibilités (00 à FF) On rappelle que, pour codifier une classe d'émission transmettant des données, on utilisera en troisième caractère la lettre D (voir §R-1.2). Transmettre des données impose de vérifier que tous les bits ont été reçus correctement. Un seul bit corrompu rend les données inexploitable. Le système de correction (CRC, contrôle de redondance cyclique) demandera dans une liaison bilatérale la retransmission des données défectueuses (ARQ) après contrôle de la station réceptrice ou, lorsque plusieurs stations reçoivent les données, ajoutera des bits de contrôle permettant la correction automatique des erreurs (FEC) par les stations réceptrices.

- 78 -







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 : $\lambda(\text{m}) = v (\text{m/s}) / F (\text{Hz})$ et $\lambda(\text{m}) = v (\text{m/s}) \times t(\text{s})$

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 vitesse 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 vitesse 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, toujours arrondi à 300.000 km/s), on a la relation : $\lambda(\text{m}) = 300.000.000 / F(\text{Hz})$ ou $\lambda(\text{m}).F(\text{Hz}) = 300.000.000$

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.

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

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

Exemple 1 : Quelle est la longueur d'onde d'une fréquence de 14,1 MHz?

Réponse : $L(m) = 300 / 14,1 = 21,27 \text{ m}$

Exemple 2 : Quelle est la fréquence dont la longueur d'onde est de 3 cm ?

F (MHz) λ (m)

Réponse : $3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$; $F(\text{MHz}) = 300 / 0,03 = 10\,000 \text{ MHz} = 10 \text{ GHz}$

Lorsque les stations sont en mouvement l'une par rapport à l'autre (trafic via satellite), la vitesse de propagation est modifiée : si les stations se rapprochent très rapidement, la vitesse 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 XIXème 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. Ce mode de propagation fonctionne sur toutes les fréquences mais reste le mode de propagation privilégié des fréquences élevées (au-delà de 100 MHz) ;
- en **ondes de sol**, les ondes suivent le relief terrestre. Ce mode de propagation ne fonctionne que sur les fréquences basses (au-delà de 2 MHz, les ondes de sol sont fortement atténuées) ;
- en **ondes réfléchies**, une partie des 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 peuvent être renvoyées vers l'espace. Un bond ne peut dépasser 4.000 km du fait de la courbure de la terre et de l'altitude de réflexion. Sur son parcours, l'onde doit traverser la couche D de la ionosphère dont l'absorption augmente avec la fréquence. Ce mode de propagation est essentiellement lié aux ondes courtes (gamme HF).

Ondes réfractées

Couches E et F

Altitude :

ère

Couche D

(réflexion)

90 à 650 km

h

(absorption)

sp

on

Ondes

lo

de sol

50 km

Ondes directes

Ondes

réfléchies

Terre

Dans le tableau ci-dessous, l'ensemble du spectre radioélectrique est représenté : les gammes d'ondes sont données (radiofréquences puis fréquences optiques et enfin rayonnements ionisants), ainsi que les longueurs d'onde (abréviation de l'adjectif qualificatif pour les radiofréquences) et les fréquences associées à ces gammes.

Les modes de propagation des différentes gammes d'ondes sont indiqués dans la dernière ligne du tableau.

λ (m)
 mam km hm dam m
 dm cm mm 10⁻⁴ 10⁻⁵ μ m 10⁻⁷ 10⁻⁸ nm 10⁻¹⁰ 10⁻¹¹ pm 10⁻¹³

Fréq. (Hz)
 104 105 106 107 108 109 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021

Gammes
 VLF LF MF HF VHF UHF SHF EHF

Infrarouges

spectre UV

Rayons X

Rayons γ

d'ondes

radiofréquences gérées par l'UIT

visible

Rayons cosmiques

(de 9 kHz à 275 GHz)

fréquences optiques

rayonnements ionisants

Propagation de sol

réfléchies

directes

photoniques

par ondes

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. 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. A chaque augmentation de densité du plasma et selon l'angle avec lequel l'onde traverse les couches, une partie plus ou moins grande de l'onde est réfractée (l'onde prend une direction plus perpendiculaire à la couche traversée) tandis que le reste est réfléchi (l'onde retourne vers la terre).

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 cm³) 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 cm³).

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 HF 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 cm³

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.

Altitude (km)

Densité en électrons libres par cm³

Magnétosphère Couches 102 103 104 105 106

A l'approche de la magnétosphère, la

650

densité en électrons libres diminue.

e

F2

r

F

La densité en électrons libres par cm³,

200

è

è r e

est variable selon l'altitude des couches

h

h

F1

ionosphériques et selon la période de

p

130

s p

la journée (jour ou nuit). La saison

s

o

Jour

90

E

(durée du jour), l'activité solaire et

n

o

D

Nuit

l'activité

magnétique

terrestre

l o

50

m

modifient sensiblement ces densités.

Mésosphère C

sans incidence notoire

t

Stratosphère B

sur la propagation

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 réfléchie, elle n'est que réfractée et 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

- 80 -

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 orienté dans la direction du correspondant potentiel. La fréquence optimum de travail (FOT) correspond à 80% de la FMU.

En règle générale, sur les bandes décimétriques, 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 dernier cycle (cycle 23) a connu son maximum en 2001 et s'est terminé début 2009. Le cycle en cours (cycle 24) n'en est qu'à son début. L'activité solaire est mesurée par deux indices fortement corrélés, F_s et R . F_s (ou ϕ , lettre grecque minuscule phi) est le flux solaire et est mesuré par le bruit solaire sur 2,8 GHz en $W/Hz/m^2$. F_s 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). IR_5 est la moyenne des indices R des cinq derniers mois. IR_5 a une valeur comprise entre 0 et 200. Plus les indices F_s 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. Celui-ci est constitué de particules éjectées du soleil lors de ses éruptions. Elles arrivent sur Terre au bout de quelques jours et pénètrent sans collision dans la magnétosphère créant des orages géomagnétiques voire des aurores boréales dans des latitudes basses lorsque l'activité est importante, ce qui nuit à la propagation des ondes qui sont atténuées.

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 décimétriques 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 (comportement des ondes lorsqu'elles rencontrent un obstacle) 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 Lignes de magnétique (champ magnétique noté H) apparaît. Ce champ est perpendiculaire au champ conducteur et est tangent aux lignes de force du champ qui entourent le fil (règle magnétique

I 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 H

courant. Le conducteur rayonne un champ magnétique alternatif mais aussi un champ électrique alternatif parallèle au conducteur et de même sens que le courant Plan perpen-qui l'a produit. Ce champ électromagnétique, même s'il est faible, peut être détecté diculaire au très loin, contrairement au champ magnétique du courant continu.

conducteur

- 81 -

L'antenne de base est l'antenne **doublet demi-onde**

$$L(m) = 150 / F(MHz) = \lambda / 2$$

alimentée au centre (appelée aussi **dipôle**). Elle est

constituée de **deux brins quart d'onde** généralement U

alignés. A chaque extrémité du doublet demi-onde,

I 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

$$Z = 73 \Omega$$

tension est déphasée de 90° par rapport à l'intensité.

U

Longueur théorique du doublet demi-onde : $L(m) = \lambda(m)/2 =$

$$300 . =$$

$$150 .$$

$$2.F(MHz)$$

$$F(MHz)$$

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 U

=

aussi Ground Plane, GP) nécessite un **plan de sol** ou une **masse** (un **z**)

piquet de terre ou la carrosserie d'un véhicule) afin de reconstituer $\lambda / 4$

λ

électriquement le deuxième brin de l'antenne. Le plan de sol remplace la

(M

) =

masse et est constitué de **radiants** disposés à la base de l'antenne. La

/ F

(m

5

longueur des radiants est souvent de $\lambda/4$, leur nombre est d'au moins 3

7

L

pour reconstituer efficacement la terre. Si le plan de sol ou la masse est l

Z = 36 Ω

perpendiculaire au quart d'onde, formant ainsi un angle de 90°,

Plan de sol

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

Brin reconstitué

quart d'onde), l'impédance au point d'alimentation devient 52 Ω.

par le plan de

La longueur théorique du brin quart d'onde est : **L(m) = $\lambda(m)/4 = 300 . = 75 .$**

sol

4.F(MHz) **F(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

Élément rayonnant

éléments, un lobe principal est créé, ce qui concentre l'énergie dans

= dipôle

une direction. Les **éléments directeurs** sont plus courts que le dipôle, les **éléments réflecteurs** sont plus longs. Lorsque le

Réflecteur

Directeur

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

Direction du rayonnement maximum

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 (dBd) ou encore par rapport à l'**antenne isotropique** (dBiso). Celle-ci est une antenne

- 82 -

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.

Rayonnement

Vertical (vu de côté)

Masse (Sol)

Plan de sol

Rayonnement

Horizontal

(vu du dessus)

Antenne isotropique Quart d'onde Doublet Antenne Yagi 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 dBd). 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 dB = PAR x 1,64.**

Exemple : quelle est la P.A.R. d'un émetteur de 100 W utilisant une antenne de 13 dBd ?

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, ...) Une fois que l'onde est formée (c'est-à-dire à plus de dix longueurs d'onde d'une antenne d'émission), la valeur du champ électrique généré par l'antenne (E) suit la formule suivante : **$E \text{ (V/m)} = \sqrt{30 \times \text{PIRE (W)}} / d \text{ (m)}$**

avec d = distance en mètres entre l'antenne et le point de mesure. En remplaçant la PIRE par la PAR, la formule devient : **$E \text{ (V/m)} = 7 \times \sqrt{[\text{PAR (W)}]} / d \text{ (m)}$** .

9.9) L'angle d'ouverture d'une

Antenne (brin

Lobes latéraux

Atténuation de 3 dB par

antenne est l'écart d'angle entre les

rayonnant)

rapport à la direction

directions

pour

lesquelles

la

la plus favorable

puissance rayonnée est la moitié

(-3 dB) de la puissance rayonnée

3 dB

dans la direction la plus favorable.

Angle d'ouverture à -3 dB

Lobe avant

Le gain avant / arrière est le

rapport, transformé en dB, obtenu

en divisant la puissance rayonnée

Lobe arrière

dans la direction la plus favorable Puissance

par la puissance rayonnée dans la

Puissance dans la direction la plus favorable

arrière

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).

- 83 -

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-mêmes perpendiculaires à l'axe de direction du champ électromagnétique (vecteur de Poynting). 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. Pour que les ondes de sol soient correctement propagées (bandes LF et en-dessous), la polarisation doit être verticale.

Direction du champ

Direction du champ

E

électro-

Doublet $\lambda/2$ en

H

électro-

Antenne

magnétique

Polarisation

H

polarisation

magnétique

verticale

Circulaire

horizontale

$\lambda/4$

H

Droite

E

E

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 ZL

être estimée grâce au diagramme de Smith (voir ci-contre). La valeur

$3/\lambda$

que donne ce diagramme ne tient pas compte de l'environnement : le

8

fouet est éloigné de tout élément perturbateur. Ce diagramme montre

qu'un fouet d'une longueur d'une demi-onde aura une impédance de

36 500 600

l'ordre de 600 Ω purs (et 500 Ω pour une onde entière). Pour une R (Ω)

longueur d'un quart d'onde, l'impédance est de l'ordre de 36 Ω purs et un peu plus élevée pour $3/\lambda$

4. Pour une longueur inférieure à $\lambda/4$, le

λ

λ

λ

fouet a une forte capacitance et une faible résistance. Pour d'autres

$\lambda/4$ $5/8$

$3/4$ λ $\lambda/2$

longueurs, le fouet pourra avoir une forte réactance inductive ou $\lambda/8$

capacitive. De plus, la place des différentes longueurs du fouet sur le

Diagramme de Smith

Z

diagramme n'est pas linéaire : $3/\lambda$

C

Impédance d'un fouet vertical

8. est beaucoup plus proche de $\lambda/4$

que de $\lambda/2$.

en fonction de la longueur du fil

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 réfléchie d'environ 4%, d'où une puissance émise de 96%.

Conclusion : une mauvaise adaptation vaut souvent mieux qu'un mauvais rendement.

- 84 -

Multi-doublet et doublet avec trappes : une antenne doublet ne peut fonctionner que sur une fréquence (ou une bande) ; en reliant plusieurs dipôles par leur centre, un multi-doublet est obtenu. Celui-ci fonctionne sur autant de fréquences qu'il y a de doublets accordés. Pour

éviter de multiplier le nombre de doublets, ce qui

1 et 2 2

nécessite une mise au point délicate, des **trappes**

(circuits bouchons) sont utilisées. Elles sont

3

calculées pour bloquer les ondes les plus courtes et

Trappes bloquant

Doublets

modifient la longueur des brins. Ces deux techniques

la bande 1

peuvent être combinées comme ci-contre.

Antenne 3 bandes multi-doublet à trappes

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. Plus simplement, si des antennes identiques sont couplées, la PAR de l'ensemble est égal à la PAR

d'une seule antenne multiplié par le nombre d'antennes couplées. 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 dBd ?

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 PAR, soit 4 fois plus qu'en utilisant une seule antenne.

Antennes ouvertes et antennes fermées : une antenne est **ouverte** lorsque $L = \lambda / 2$

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

$Z = 300 \Omega$

de la longueur d'onde. L'impédance d'un trombone est proche de 300

Exemple d'antenne fermée :

Ω et

celle d'une quad (carré dont le côté mesure un quart d'onde) est proche de le doublet demi-onde replié

200

(trombone)

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 ven-

tres 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.

Les antennes, que l'on pense fermées mais dont la circonférence est beaucoup plus courte qu'une longueur d'onde, sont des **antennes magnétiques** (exemple : boucle inductive, 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

D

concentrent les rayonnements sur un **foyer**, où est placé

l'antenne (généralement un doublet). La distance entre le

Foyer

foyer et la parabole est appelée la focale (F). D étant le

X

diamètre du réflecteur, le rapport F/D détermine l'angle

F

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

Y

$$Y = X^2/4F$$

parabole sera dite creuse, en forme de bol ; sinon elle sera

dite plate, comme la plupart des paraboles de réception de

télévision qui, de plus, ont un foyer décalé).

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...

- 85 -

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). 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.

R2

R2

Âme

L

L

1

1

R

R

Diélectrique

Courants non

C

C

conjugués

Tresse

Zligne (Ω) = $\sqrt{ZL \times ZC}$ = $\sqrt{(\omega L / \omega C)}$ = $\sqrt{L(H/m)/C(F/m)}$ 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* Courants en Courant de

sera alimentée grâce à un symétriseur (balun, voir § 10.4) ou quelques boucles mode

gaine (mode

seront faites avec le câble coaxial (choc-balun) pour réduire le courant de gaine.

différentiel

commun)

10.2) L'impédance caractéristique dépend du rapport $\sqrt{L / C}$ de la ligne (en Henry et en Farad par mètre).

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 $L = 0,5 \mu\text{H}/\text{mètre}$ et $C = 200 \text{ pF}/\text{mètre}$?

Réponse : $Z = \sqrt{(0,5 \cdot 10^{-6} / 200 \cdot 10^{-12})} = \sqrt{2500} = 50 \Omega$

Sur une calculette : $0,5 \cdot 10^{-6} (L) \div 200 \cdot 10^{-12} (C) = 2,5 \cdot 10^3 [\sqrt{\quad}] = 50 \cdot 10^0 = 50 \Omega$

ou, en écriture naturelle : $Z = [\sqrt{\quad}] (0,5 \cdot 10^{-6} (L) \div 200 \cdot 10^{-12} (C)) = 50 \cdot 10^0 = 50 \Omega$

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 et v la vélocité, on a : $v = 1/\sqrt{\epsilon}$. 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).

ϵ = coefficient du diélectrique utilisé

Coaxial rond

Ligne bifilaire

= 2,3 pour le PE

= 2,1 pour le téflon

D

D

d

= 1,1 avec des écarteurs

= 1 pour l'air ou le vide (sans écarteurs)

d

Impédance

$Z(\Omega) = (138 / \sqrt{\epsilon})$

$\epsilon \times \log(D/d)$

$Z(\Omega) = (276 / \sqrt{\epsilon})$

$\epsilon \times \log(2D/d)$

Vélocité ($v = 1 / \sqrt{\epsilon}$)

66% à 90% selon diélectrique

95% avec écartereurs

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

- 86 -

linéique (en Henry/m) d'un fil et la capacité linéique (en Farad/m) de la même longueur. En SHF, deux autres paramètres interviennent dans le calcul : la résistance linéique (R_2 dans le schéma du § 10.1, très faible pour un câble de bonne qualité mais augmente avec la fréquence à cause de l'effet de peau) et la conductance linéique (R_1 dans le schéma du § 10.1, négligeable jusqu'à 1 GHz et due aux défauts du diélectrique utilisé).

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 (R_1 , R_2 ou R_3) dissipe le plus de puissance.

$R = 50 \Omega$

$R = 50 \Omega$

$R = 50 \Omega$

R

25 Ω

$R_2 = 50 \Omega$

R

75 Ω

141 V

141 V

141 V

La loi de Joule ($P_R = R \cdot I^2$) est appliquée sachant que, pour chacun des cas, la loi d'Ohm dit : $I = U / (R + R_n)$ $P_{R1} = R_1 \cdot [U / (R + R_1)]^2$

$P_{R2} = R_2 \cdot [U / (R + R_2)]^2$

$P_{R3} = R_3 \cdot [U / (R + R_3)]^2$

$= 25 \times (141 / 75)^2 = 89 \text{ W}$

$= 50 \times (141 / 100)^2 = \mathbf{100 \text{ W}}$

$75 \times (141 / 125)^2 = 96 \text{ W}$

Les résistances R_1 , R_2 et R_3 peuvent être considérées comme des résistances de charge alimentées par un générateur de résistance interne (R) de 50 Ω . 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 ne peut y avoir d'ondes stationnaires. En bref, tout a été simplifié à l'extrême : les puristes nous excuseront pour ces raccourcis. Lorsque le rapport des résistances est 2/1 (schéma de gauche), la puissance dissipée par R_1 est inférieure de 11% à celle dissipée par R_2 et lorsque le rapport des résistances est 1,5/1

(schéma de droite), la puissance dissipée est inférieure de 4% : on retrouve les mêmes relations entre le ROS et le taux de puissance réfléchi

comme on va le voir plus loin.

La désadaptation des impédances entraîne qu'une partie de l'énergie émise n'est pas transférée et 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 (ou ventres) et ces minima (ou nœuds) sont fixes, d'où le nom d'**ondes stationnaires**, et dépendent de la longueur de la ligne et de la fréquence. Les maxima et les minima sont distants les uns des autres d'un quart d'onde (attention au coefficient de vitesse de la ligne) : le phénomène se répète donc toutes les demi-ondes. La désadaptation se mesure 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 réfléchie est égale à la puissance émise multipliée par le carré du coefficient de réflexion.

$$\rho = UR / UE = IR / IE = \sqrt{(PR / PE)} \quad \text{TOS (\%)} = \rho \times 100 \quad \text{Préfléchie} = \text{Pémise} \times \rho^2$$

- le **ROS (Rapport d'Ondes Stationnaires)** égal au **rapport des impédances** calculé de manière à être toujours supérieur à 1 (en mettant la valeur la plus forte au numérateur). Le calcul ci-dessous n'est valable que dans le cas où les impédances sont des résistances pures (sans composantes réactives) : **ROS (rapport / 1) = Z plus forte (Ω) / Z plus faible (Ω)**

- le **rapport des tensions** (ou des intensités) **maximales et minimales** présentes tout le long de la ligne : **ROS (rapport / 1) = Vmaxi / Vmini** 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 **[(Pr / Pe) x 100]**, à ne pas confondre avec le TOS. Notez que, comme moi pendant longtemps, de nombreux ouvrages ainsi que des sites Internet font la confusion.

Le fait d'insérer une **boîte de couplage** entre la ligne et l'émetteur protège l'amplificateur final en limitant la puissance réfléchie mais ne résout 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 réfléchie 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).

- 87 -

Exemples : On mesure $UE = 100 \text{ V}$ et $UR = 4 \text{ V}$; quel est le TOS ?

Réponse : $\rho = 4/100 = 0,04$; TOS = $100 \rho = 4\%$

Quel est le ROS ? $Z_{\text{coax}} = 50 \Omega$; $Z_{\text{doublet } \lambda/2} = 75 \Omega$

Réponses : ROS = $75 / 50 = 1,5 / 1$

$Z_{\text{coax}} = 50 \Omega$; $Z_{\text{antenne verticale } \lambda/4} = 36 \Omega$

ROS = $50 / 36 = 1,39 / 1$

On mesure les tensions suivantes le long d'une ligne. Quel est le ROS ? 10 V

Réponse : ROS = $V_{\text{maxi}} / V_{\text{mini}} = 10 / 8 = 1,25 / 1$. Dans cette 8 V

$\lambda/2 \lambda \ 3\lambda/2$

représentation, le générateur délivre une tension de 9 V et la tension λ

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 : $50 \times \rho^2 = 50 \times 0,0121 = 0,605 \text{ W}$.

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 ?

Soit un ROS de 2 / 1, quel est le TOS ?

Réponse : TOS = 33% donc $\rho = 0,33$

Réponse : $\rho = (2 - 1) / (2 + 1) = 1 / 3 = 0,33$

ROS = $(1 + 0,33) / (1 - 0,33) = (1,33 / 0,67) = 2 / 1$

$$TOS = \rho \times 100 = 0,33 \times 100 = 33\%$$

Une antenne ayant une impédance de 150Ω purs et un gain de 3 dBd est alimentée par un câble de 50Ω dont l'affaiblissement linéique est négligeable. L'émetteur branché à l'entrée du câble délivre 100 W sous 50Ω .

Quelle est la PAR de cet ensemble ?

$$\text{Réponse : } ROS = 150 \Omega / 50 \Omega = 3 / 1 ; \rho = (3 - 1) / (3 + 1) = 0,5 ; \text{puissance réfléchie} = \text{puissance émise} \times \rho^2 =$$

$$100 \times 0,5^2 = 25 \text{ W} ; \text{puissance délivrée à l'antenne} = \text{puissance de l'émetteur} - \text{puissance réfléchie} = 100 - 25 =$$

$$75 \text{ W} ; PAR = \text{puissance délivrée à l'antenne} \times \text{gain de l'antenne} (= 3 \text{ dB}) = 75 \text{ W} \times 2 = 150 \text{ W}$$

ROS (rapport des impédances)

1 / 1

1,5 / 1

2 / 1

3 / 1

TOS

0%

20%

33%

50%

ρ

0

0,2

0,33

0,5

Taux de puissance réfléchie

0%

4%

11,1%

25%

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 vélocité de la ligne doit être pris en compte. Les relations suivantes sont calculées avec ZC = impédance du câble, Ze = impédance d'entrée et Zs = impédance de sortie :

- à chaque nombre pair de quart d'onde (donc à chaque demi-onde), on a $Ze = Zs$, 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 n'est pas équilibrée (cas du doublet demi-onde relié directement à un câble coaxial).

-

à chaque nombre impair de quart d'onde, on a $ZC^2 = Ze \times Zs$. ou, formule utilisée le plus souvent, $ZC = \sqrt{Ze \cdot Zs}$. Pour obtenir toutes les variantes, on utilisera le triangle ci-contre, comme pour la loi d'Ohm.

$\lambda/4$

$\lambda/2$

$3\lambda/4$

λ

$\lambda/4$

Z_e

Z

ZC^2

$s = ZC^2 / Z_e$

$Z_s = Z_e$

$Z_s = ZC^2 / Z_e \quad Z_s = Z_e$

$Z_s = ZC^2 / Z_e$

Exemple : Pour adapter les impédances suivantes : $Z_e = 50 \Omega$ et $Z_s = 100 \Omega$, quelle devra Z

être l'impédance du câble coaxial monté en ligne $\lambda/4$?

e Z_s

Réponse : $ZC = \sqrt{(50 \times 100)} = \sqrt{5000} = 70,7 \Omega$ pour un câble de longueur de $\lambda/4$

Sur une calculette : $50 (Z_e) \times 100 (Z_s) = 5000 [\sqrt{\quad}] = 70,7$ 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

$ROS = 1,125 / 1$

$\lambda/4$ adaptera à une valeur proche de 50Ω une antenne ayant $Z_e =$

$ZC = 75 \Omega$

une impédance de 100Ω . Dans cette situation, l'impédance à 50Ω

$Z_s =$

100Ω

l'entrée du câble, Z_e , est égale à $ZC^2 / Z_s = 75^2 / 100 = 56,25 \Omega$, 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 .

$\lambda/4$

Autre calcul : impédance à la sortie du câble : $Z_s = Zc^2 / Z_e = 75^2 / 50 = 112,5 \Omega$ 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 vélocité 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, tout milieu de propagation a une impédance égale à $\sqrt{(Z_L \times Z_C)}$, voir §10.1. Le vide, avec sa perméabilité Z_L ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$) et sa permittivité Z_C ($\epsilon_0 = 1/36\pi \cdot 10^9 \text{H/m}$) (voir § 2.3) a une impédance de 377Ω (soit 120π). Les permittivité et perméabilité relatives de l'air sec sont très proches de celles du vide (μ_r

= 1,00068 et $\epsilon_r = 1,0014$) ce qui implique que l'impédance de l'air sec est égale à celle du vide.





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

schéma

quart d'onde ($\lambda/4$) et nombre

demi-onde ($\lambda/2$) et nombre

impair de $\lambda/4$

entier de $\lambda/2$

impédance de sortie

Inversion de l'impédance

Recopie de l'impédance

Ligne ouverte

Impédance d'entrée nulle

Impédance d'entrée infinie

$Z_s = \infty$ (infini)

$Z_e = ZC^2 / Z_s = ZC^2 / \infty = 0$

$Z_e = Z_s = \infty$

Ligne fermée

Impédance d'entrée infinie

Impédance d'entrée nulle

$Z_s = 0$

Z

Z

$e = ZC^2 / Z_s = ZC^2 / 0 = \infty$

$e = Z_s = 0$

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 Z_e

et augmente pour être celle d'un circuit bouchon (infinie) à $\lambda/2$ puis Longueur du câble :

diminue en redevenant capacitive et devient de nouveau nulle à $3\lambda/4$ et si $\lambda/4$, alors Z

ainsi de suite... La ligne fermée (schéma ci-contre) a un comportement $e = \infty$

si $\lambda/2$, alors Z

décalé de $\lambda/4$: son impédance inductive augmente avant $\lambda/4$, est infinie à $e = 0$

cet endroit puis devient capacitive en diminuant. L'impédance de la ligne fermée est nulle à $\lambda/2$. Ces lignes forment d'excellents filtres peu onéreux.

Ligne fermée

Une antenne n'est pas toujours symétrique : les deux brins d'un

âme

douplet n'ont pas exactement la même longueur ; le sol sous

sortie

entrée

l'antenne n'est pas uniforme ; un obstacle dans l'environnement

symétrique

asymétrique

immédiat d'un des brins modifie son impédance. La conséquence

tresse

de ces problèmes est que les courants mesurés sur chacun des brins

ne sont plus conjugués. Une adaptation est alors nécessaire entre la

Représentation

sortie

ligne de transmission et l'antenne. C'est le rôle du **symétriseur** ou

schématique d'un

symétrique

balun (de l'anglais BALanced UNbalanced). Selon le montage, le

balun en tension 1/1 :

balun symétrise les tensions (comme ci-contre) ou les intensités

en haut, réalisation

(voir choc-balun au § 10.1). Seul le balun symétriseur de tension

d'un bobinage « 3 fils

peut transformer son impédance de sortie ce qui permet d'adapter

en main » ; ci-contre,

âme tresse

des antennes d'impédance différente de celle de la ligne de

les trois fils sont

entrée asymétrique

transmission. Le rapport de transformation du balun représenté ci-

représentés l'un à la

contre est 1/1 car le nombre de spires de l'entrée asymétrique est suite de l'autre.

égal au nombre de spires de la sortie symétrique. Le problème

principal de ces symétriseurs est l'adaptation des impédances. Pour obtenir une impédance proche de 50Ω en entrée, il faut tenir compte du nombre de spires au primaire et de la ferrite utilisée. En décimétrique, un primaire comportant 7 à 10 spires bobinées sur un tore est un bon compromis qui permet de couvrir toutes les bandes.

Il existe d'autres systèmes d'adaptation, utilisés plutôt en VHF et au-delà : 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. Dans le schéma de principe, les bornes d'entrée et de sortie de la cavité 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 par réflexion sur les parois de la cavité. Compte tenu de leur encombrement, les cavités sont utilisées sur des fréquences élevées.

vis de réglage

Montage

Passe bande

Réjecteur

entrée

sortie

Entrée

Entrée

A

B

Schéma

B

A

B

B

A

A

Écart des

Écart A / B = 3% minimum

Écart A / B = 6% minimum

fréquences

Filtre par rapport à

Insertion

Peu de pertes d'insertion

$\lambda / 4$

l'environnement

Si plus de 2

Ajout facile d'un autre

Difficile de séparer plus de 2

fréquences

élément

fréquences

Schéma de principe

- 89 -

d'une cavité

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.

On recense de nombreuses questions d'examen sur les synoptiques (déterminer le nom manquant d'un étage ou définir les fonctions d'un étage). Quelquefois, la représentation des schémas n'est pas aussi orthodoxe que ci-dessous : il faut bien comprendre l'enchaînement des étages avant de répondre.

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 (par exemple, un condensateur variable à double cage).

Le démodulateur (qui sera étudié au § 12.2) suit les étages RF et extrait le signal utile BF du signal HF. Sans plus d'information sur le démodulateur, on ne peut pas savoir quel type de modulation peut recevoir ce récepteur.

En dehors de l'antenne et du haut-parleur qui sont toujours représentés, le seul composant de ce synoptique est un potentiomètre qui 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).

Antenne

Amplificateur

Démodulateur

audio-fréquences

ou étage AF

HF

RF1

RF2

Démod

1er et 2ème amplificateur

AF

BF

radio-fréquences

(ou étages RF)

Haut-parleur

Potentiomètre

(ou HP)

Niveau BF

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** (réception du signal HF le plus faible) du récepteur. Le démodulateur et les étages suivants sont identiques au récepteur sans conversion Antenne

(HF)

Mélangeur

Démodulateur

Haut-parleur

RF

Mél

FI

Démod

AF

Filtre de

Fréquence Intermédiaire

Ampli

bande

$FI = HF + FO$ ou $HF - FO$

Audio

OL Oscillateur Local générant la fréquence FO

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 :

$FI = FO - HF$ ou **$FI = HF - FO$** (mélange infradyne) ou **$FI = FO + HF$** (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 le cas inverse, le récepteur est **supradyne**. Dans un récepteur infradyne, le signal reçu est transposé sur une fréquence inférieure et 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.

- 90 -

Signal HF à recevoir

Filtre de bande

Signal adjacent

F

F

Signal reçu par l'antenne

Signal après le filtre de bande

OL

FI (récepteur supradyne)

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 puis envoyé à l'étage AF.

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 (FI) 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 (FI) et 5 MHz (FO) donne 9 MHz (4 + 5 = 9), soit la Fréquence Intermédiaire. Les deux signaux (HF et FI) 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 supradyne (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 supradyne 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		

-34

-18

-12

-6

0

+10

+20

+30

$\mu V/50\Omega$

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'étalonnage 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 $1/(2.107)$) et un signal S0 correspond à -127 dBm ($= -73 - [9 \times 6]$). 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 ;

- 91 -

pour cela, la fréquence en sortie du modulateur

Ampli AF

Mélangeur

Antenne

sera égale à la FI du récepteur), la prise antenne

qui permettra d'utiliser le même aérien. Toutes

AF

Mod

Mél

PA

Filtre

ces possibilités nécessite un système de

Ampli de Filtre anti-

Micro-

Modulateur

commutation (commutateurs, relais électroméca-

puissance harmonique

phone

niques, diodes de commutation) permettant de

passe-bas

Oscillateur Local

passer facilement de l'émission à la réception.

OL

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 3ème 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 = 1,38.10⁻²³ ; T = température en °K (soit °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.T(^{\circ}K).B(Hz) = 1,38.10⁻²³ x (20 + 273) x 2500 = 1,01.10⁻¹⁷ W ≈ 1.10⁻¹⁴ 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 ; F1 = facteur de bruit (ou perte) apporté par l'étage 1 ; G1 = 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 $F_c = 2$ ($= 6 \text{ dB} / 3$) ; gain de chaque morceau du câble $G_c = 0,5$ ($= 1 / F_c$) ; facteur de bruit du préampli $F_p = 1,25$ ($= 1 \text{ dB}$) ; gain du préampli $G_p = 40$ ($= 16 \text{ dB}$) ; $F = F_c + ((F_p - 1) / G_c) + ((F_c - 1) / (G_c \times G_p)) = 2 + ((1,25 - 1) / 0,5) + ((2 - 1) / (0,5 \times 40)) = 2 + 0,5 + 0,05 =$

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 = $16 - 4 = 12 \text{ dB}$ (et non pas somme des gains - somme des pertes = $16 - (3 + 1 + 3) = 9 \text{ dB}$: 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).

- 92 -

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.

Représen

AM - A3E

BLU - J3E

CW - A1A

FM - F3E

tation

Modulation d'Amplitude Bande Latérale Unique

Télégraphie

Modulation de Fréquence

u -

dn

e

La BLU ne peut pas

scillo

m

t

t

t

ctio

être représentée en

n

s/op ram

fo

g

fonction du temps

en

tem

HF

Porteuse HF

Excursion

Porteuse et bande

e

ou swing

e la

m

latérale supprimées

dn ce

BF

BF

La CW ne peut pas être

en

ram

B

f

u

g

représentée en fonction

ctio

f

F

n

de la fréquence

fo

fréq

ectro

BLI
BLS
f
en
sp
BLS
t

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 « translaté » 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 devra être « retourné » lors de la démodulation, sinon le signal restera incompréhensible.

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

(Frequency 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.

- 93 -

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 36 classes d'émission autorisées aux radioamateurs de classe 2 ou 1 (voir §R-1.2).

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

Détection ou

Oscillateur de battement de fréquence (**BFO**)

Discriminateur ou

Nom

rs

détecteur d'enveloppe

et détecteur de produit (DP) ou mélangeur

détecteur de pente

Schéma

lateuu

FI

FI

FI

synoptique

Dét

BF

DP ou Mél

BF

Disc

BF

d

o

Contrôle Automatique

Foster-Seeley ;

ém

Autres

BFO

D

de Gain (**CAG**)

Squelch ; limiteur et

notions

Fréquence BFO \approx Fréquence FI

désaccentuateur

Coupure de l'alimen- La BF est appliquée à

la HF de l'oscillateur

Mélangeur équilibré

Principe

tation d'un étage ou un VCO (oscillateur à

est mélangée à la BF

et **filtre à quartz (Q)**

entre les étages

réactance)

rs

BF

Mél

FI BF Mél éq

+

lateu

Schéma

u

BF VCO

FI

d

Q

o

synoptique

Osc ou PA

M

Osc HF

Osc HF

FI

δU

δF

Autres

Taux de Modulation

Pialements et

Indice de Modulation

notions

et surmodulation

claquements

Préaccentuateur

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 semi-conducteur utilisé pour la diode pourra être du Germanium car sa tension de seuil (0,3 volt) est plus faible que le Silicium : l'enveloppe BF sera ainsi mieux restituée dans les creux. Les diodes de détection se présentent souvent sous la forme de petits tubes en verre avec une pointe métallique à l'intérieur.

Enveloppe BF

Diode

FI

t

Effet RC

Effet Diode

C

R

BF

Fréq FI > $R(\Omega) \times C(F) >$ Fréq BF

AM à la sortie de la FI

Détection

Filtre BF

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.

Détection

CAG

FI

+

R

Mél

Premier

BF

ampli FI

RF

Gain

S-mètre

- 94 -

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).

AM

BF

AM

BF

HF

HF

++

+

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).

Zone 1

Zone 2

Zone 3

Zone 4

B

B/2

A

b

b

b

a

0

t

Distorsion à cause de BF "négative"

Porteuse

K = 40%

K > 100% car b > B

sans toutefois que K > 100%

AM sans

signal BF

Enveloppe BF

Taux de modulation impossible à calculer avec A

et a car l'enveloppe BF n'est pas « centrée »

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, un **compresseur de modulation** peut être inséré entre l'amplificateur AF et le modulateur : les pointes du signal BF issu du microphone sont plus ou moins atténuées alors que les creux sont, au contraire, amplifiés.

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 : $K = (A-a)/(A+a) = (4,2-1,8)/(4,2+1,8) = 2,4/6 = 0,4 = 40\%$. ($2,4 \text{ V}$ 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

Modulation BF

angulaires et possèdent des caractéristiques très

proches. Si proche que les circuits de

démodulation sont identiques et que nous

FM

parlons toujours de FM alors que nous avons

souvent affaire à de la PM. Si l'oreille humaine

ne fait pas la différence entre la FM et la PM,

l'ordinateur (et sa carte son) et les DSP ne

PM

confondront pas ces deux modulations.

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.

- 95 -

A

C

A

FI

FI- δF

FI

BF

BF

FI+ δF

B

B

Un **détecteur de pente** est composé de deux circuits oscillants Le discriminateur de type **Foster-calculés pour les fréquences extrêmes d'excursion (convertisseur Seeley fonctionne grâce au déphasage équilibré)**. Quand la fréquence à démoduler se rapproche de $FI - \delta F$, introduit par le condensateur C dans le la tension en A est supérieure à celle en B.

deuxième circuit oscillant.

En l'absence de signal sur son entrée, le discriminateur génère du bruit. Pour éviter ce souffle, on utilise un **sqelch** (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.

+

VXO type Colpitts à Varicap

FM

BF

FM

Q

ρ

Oscillateur

Niveau BF

rica

a

Hartley

V

Microphone

capacitif

Excursion

On appelle **indice de modulation** (m) le rapport obtenu en divisant l'excursion de δF

fréquence (soit la moitié de la bande passante du signal FM, δF) par la fréquence maximum du signal modulant (BF) : **m = Excursion (Hz) / BF maxi (Hz)**

f

Fo

Le fait de passer le signal FM par un multiplicateur change son excursion et son indice de BF

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.

t

On parle de FM à bande étroite (NBFM, Narrow Band Frequency Modulation) lorsque l'indice de modulation est égal ou inférieur à 1. Dans ce cas, le gain en rapport S/B (signal+bruit/bruit), par nature supérieur à celui constaté en AM, diminue fortement et donc la qualité du signal transmis se dégrade (bruit, surtout dans les aigus). Pour réduire ce bruit (et augmenter le rapport S/B), 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) : **$S(t) = \cos [2\pi \cdot [F + M \cdot \cos (2\pi \cdot f \cdot t)] \cdot t] \cdot B$** tandis que le même signal modulé en phase s'écrit ainsi :

$S(t) = \cos [2\pi \cdot F \cdot t + M \cdot \cos (2\pi \cdot f \cdot t)] \cdot B$. 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 couvrirait 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 XXème siècle.

- 96 -

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.

Manipulateur

Alimentation

Alimentation

Manipulateur

Oscillateur

Ampli

Filtre

Oscillateur

Ampli 1

Ampli 2

Filtre

Rupture de l'alimentation de l'oscillateur

Rupture du circuit 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 **piaulements** 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.

BF = signal à transmettre

Porteuse

V

f

Modulation d'Amplitude Double Bande Latérale Bande Latérale Inférieure 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) :

$$S(t) = P \cdot \cos(2\pi \cdot$$

$$\pi \cdot F \cdot t) \cdot [1 + K \cos(2\pi \cdot$$

$$\pi \cdot f \cdot t)] \text{ donc } S(t) = P \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t) + P \cdot K \cdot [\cos(2\pi \cdot f \cdot t) \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)]$$

Porteuse

BF

Porteuse

Bandes latérales

On sait par ailleurs que : $\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$

donc : $S(t) = P \cdot \cos(2\pi \cdot$

$\pi F \cdot t) + \frac{1}{2} \cdot P \cdot K \cdot [\cos(2\pi \cdot$

$\pi F \cdot t + 2\pi \cdot$

$\pi f \cdot t) + \cos(2\pi \cdot$

$\pi F \cdot t - 2\pi \cdot$

$\pi f \cdot t)]$

Porteuse

BLS

BLI

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**, 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.

Qu'il soit équilibré ou non, le mélangeur à MOS-FET est souvent remplacé par le mélangeur à diodes car ce dernier multiplie parfaitement les tensions présentes sur ses entrées si bien que la broche de sortie ne présente que les fréquences $F1 + F2$ et $F1 - F2$. Les diodes utilisées sont du type Schottky (commutation rapide). 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 (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.

Lorsqu'il est monté en mélangeur équilibré, les transformateurs d'entrée et de sortie du mélangeur à diodes en anneau équilibrent la sortie en l'absence de BF, comme dans le montage à MOS-FET.

- 97 -

DBL

BF

HF

DBL

Filtre BLU

à Quartz

BF

+

HF

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** 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. Souvent, l'étage fautif est le mélangeur équilibré qui présente des distorsions quadratiques ou cubiques (voir § 7.8). 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.

Courbe filtre à Quartz

Reconstitution de l'AM par le BFO

U

L

Bn

latio

Fq

ud

o

7,097 MHz

7,100 MHz

7,100 MHz

0 Hz

3 kHz

émD

Bande Latérale Inférieure

Bande Latérale Supérieure rétablie

BF Audio

W

Filtre étroit pour CW (500 Hz)

Porteuse reconstituée par le BFO

Battement BF

Cn

Message CW sur

latiou

7,0300 MHz

do

Fq

ém

D

7,02975 MHz

7,03025 MHz

7,0292 MHz

0 Hz 800 Hz

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 BLU. Ce qui signifie qu'en BLU, il n'y a aucune émission sur la fréquence affichée par l'émetteur (puisque la porteuse est supprimée) alors qu'en CW, l'émission se fait sur la fréquence affichée.

- 98 -

TROISIÈME PARTIE

ANNEXES

Principales formules à connaître pour passer l'examen

Feuille d'évaluation

Bibliographie, adresses et coordonnées

Exercices

- 99 -

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 :

U

P

U^2

P

o

$$U(V) = R(\Omega) \cdot I(A)$$

o

$$P(W) = U(V) \cdot I(A) \text{ voir triangles}$$

R I

U I

P R

R P

o

$$P(W) = U^2(V) / R(\Omega)$$

o

$$P(W) = R(\Omega) \cdot I^2(A)$$

o

$$Q(C) = I(A) \cdot t(s)$$

Code des couleurs

o

$$E \text{ ou } W(J) = P(W) \cdot t(s) = U(V) \cdot Q(C)$$

-

$$\text{Résistivité : } R(\Omega) = \rho(\Omega/m) \cdot L(m) / s(m^2)$$

Ne

0

-

Code des couleurs des résistances : tableau mnémotechnique ci-contre :

Mangez

1

-

Groupements de résistances en série :

Rien

2

o

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots$$

Ou

3

o

$$U_{R1} = U_t \cdot (R_1 / R_t)$$

Je

4

o

$$U_t = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

Vous

5

-

Groupements de résistances en parallèle :

Battraï

6

o

$$R_t = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2) \text{ ou } 1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$$

VIOLement

7

$$1 \div (1 \div R_1 + 1 \div R_2 + \dots) = R_t$$

Grand

8

o

$$I_{R1} = I_t \cdot (R_t / R_1)$$

BOA

9

o

$$I_t = I_{R1} + I_{R2} + \dots$$

Chapitre 2 : Courants alternatifs sinusoïdaux, bobines et condensateurs

-

Courants alternatifs sinusoïdaux :

o

$$\text{Période (t) et fréquence (Fq) : } t(s) = 1 / Fq(\text{Hz})$$

o

$$\text{Pulsation : } \omega(\text{rad/s}) = 2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz})$$

o

$$\text{Valeurs efficaces / maximum : } V_{\text{eff}} = 0,707 V_{\text{max}} = V_{\text{max}} / \sqrt{2} \text{ ou } V_{\text{max}} = 1,414 V_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2}$$

o

$$\text{Valeurs crête à crête : } V_{\text{càc}} = 2 V_{\text{max}} = 2,828 V_{\text{eff}}$$

-

Bobines :

o

$$\text{Valeur d'une bobine : } L(\text{H}) = F \cdot N^2 \cdot D^2$$

o

$$\text{Impédance : } Z(\Omega) = \omega(\text{rad/s}) \cdot L(\text{H}) = 2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz}) \cdot L(\text{H})$$

$$\text{en écriture naturelle : } 2 \times [\pi] \times F \times L = Z$$

formule simplifiée : $6,28 \times F(\text{MHz}) \times L(\mu\text{H}) = Z(\Omega)$

o

Montage série : $L_t = L_1 + L_2 + M$

-

Condensateurs :

o

Valeur de la capacité d'un condensateur : $C(\text{F}) = d \cdot S(\text{m}^2) / E(\text{m})$

o

Quantité d'électricité emmagasinée : $Q(\text{C}) = C(\text{F}) \cdot U(\text{V})$

o

Quantité d'énergie emmagasinée : $E(\text{J}) = \frac{1}{2} \cdot Q(\text{C}) \cdot U(\text{V}) = \frac{1}{2} C(\text{F}) \cdot U^2(\text{V})$

o

Impédance : $Z(\Omega) = 1 / [\omega(\text{rad/s}) \cdot C(\text{F})] = 1 / [2 \cdot \pi \cdot F(\text{Hz}) \cdot C(\text{F})]$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times F \times C) = Z$

formule simplifiée : $159 \div F(\text{MHz}) \div C(\text{nF}) = Z(\Omega)$ 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 : $t(\text{s}) = R(\Omega) \cdot C(\text{F})$ formule simplifiée : $t(\text{ms}) = R(\text{k}\Omega) \cdot C(\mu\text{F})$

Chapitre 3 : Transformateurs, piles et galvanomètres

-

Transformateur sans perte:

o

Rapport de transformation : $N = n_s / n_p$

$N U_s I_p n_s \sqrt{Z_s}$

o

Transformation de tension : $U_s = U_p \cdot N$

voir tableau :

o

Transformation d'intensité : $I_s = I_p / N$

$1 U_p I_s n_p \sqrt{Z_p}$

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

- 100 -

-

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 : $Q(\Omega/V) = (R + R_i) / U_{calibre} = 1 / I_g$

Chapitre 4 : Décibels, circuits RC et L-C, loi de Thomson

-

Décibels :

o

Gain : $G(dB) = 10 \log (P_s / P_e)$; $P_s / P_e =$ Rapport de puissance

Rapport \Rightarrow dB : $Rapport [LOG] \times 10 = dB$; $dB \Rightarrow Rapport : dB \div 10 [10x] = Rapport$ ou $10 \times [LOG] Rapport = dB$; $10 [^] (dB \div 10) = Rapport$

table de conversion simplifiée : voir ci-contre :

Rapport

dB

-

Circuits RC :

1

0

o

Fréquence de coupure : $F(Hz) = 1 / [2 \cdot \pi \cdot R(\Omega) \cdot C(F)]$

2

3

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times R \times C) = F$

4

6

formule simplifiée : $159 \div R(k\Omega) \div C(\mu F) = F(Hz)$

8

9

-

Circuits LC et RLC :

nombre

dizaine

de 0

de dB

o

Fréquence de coupure ou de résonance : $F(\text{Hz}) = 1 / (2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L(\text{H}) \cdot C(\text{F})})$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [\sqrt{\quad}] (L \times C)) = F$

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 : $Z_{\text{bouchon}}(\Omega) = L(\text{H}) / [R(\Omega) \cdot C(\text{F})]$

en écriture naturelle : $L \div C \div R = Z$

formule simplifiée : $L(\mu\text{H}) \div R(\text{k}\Omega) \div C(\text{pF}) = Z_{\text{bouchon}}(\text{k}\Omega)$

o

Facteur Q d'un circuit bouchon : $Q_{\text{bouchon}} = Q_{\text{série}} = Z / X_L = Z / X_C = \sqrt{L(\text{H}) / C(\text{F})} / R(\Omega)$

en écriture naturelle : $\sqrt{(L \div C) \div R} = Q_{\text{bouchon}} = Q_{\text{série}}$ *formule simplifiée* : $\sqrt{L(\mu\text{H}) \div C(\text{pF})} \div R(\text{k}\Omega) = Q_{\text{bouchon}} = Q_{\text{série}}$ 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

Chapitre 6 : Les transistors et leurs montages

-

Gain d'un transistor monté en émetteur commun : I

I

$c = \beta \cdot I_b$, voir triangle ci-contre

C

-

Intensité dans l'émetteur d'un transistor : I

$e = I_b + I_c$

I

Chapitre 7 : Amplificateurs, oscillateurs et mélangeurs

B β

-

Taux de distorsion harmonique (TDH en %) : (Tension parasite / Tension désirée) x 100

-
Fréquences à la sortie d'un mélangeur : $F_{\max} = F_1 + F_2$ et $F_{\min} = F_1 - F_2$ (ou $F_2 - F_1$)

-
Fréquences à l'entrée d'un mélangeur : $F_1 = (F_{\max} - F_{\min}) / 2$ et $F_2 = F_{\max} - F_1$

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 : $\lambda(m) = 300 / F(\text{MHz})$, voir triangle ci-contre

-
Longueur théorique d'un doublet demi-onde : $L(m) = 150 / F(\text{MHz})$

300

-
Longueur théorique d'une antenne quart d'onde : $L(m) = 75 / F(\text{MHz})$

-
Puissance apparente rayonnée : $PAR(W) = P$

émetteur(W) x Gantenne(rapport arithmétique)

F(MHz) $\lambda(m)$

Chapitre 10 : Lignes de transmission et adaptations

-
Impédance d'une ligne de transmission : $Z(\Omega) = \sqrt{[L(H) / C(F)]}$, voir triangle ci-contre

-
 $ROS = Z \text{ plus forte} / Z \text{ plus faible} = V_{\max} / V_{\min}$

ZC^2

-
 $\rho = (V_{\max} - V_{\min}) / (V_{\max} + V_{\min})$

-
 $\rho = U_{\text{réfléchi}}(V) / U_{\text{émise}}(V) = I_{\text{réfléchi}}(A) / I_{\text{émise}}(A) = \sqrt{[P_{\text{réfléchi}}(W) / P_{\text{émise}}(W)]}$

$Z_e Z_s$

-
 $TOS (\%) = \rho \times 100$

-
 $P_{\text{réfléchi}}(W) = P_{\text{émise}}(W) \times \rho^2$

-

Impédance des lignes quart d'onde : $ZC^2 = Z_e \times Z_s$

-

Impédance des lignes demi-onde : $Z_e = Z_s$ quelle que soit ZC

Chapitre 11 : Les synoptiques

-

Fréquence image : le calcul varie selon le type du changement de fréquence du récepteur : Supradyne : $F_{im} = HF + 2.FO$; infradyne et $FO > FI$: $F_{im} = HF + 2.FI$; infradyne et $FI > FO$: $F_{im} = HF - 2.FO$

Chapitre 12 : Les différents types de modulation

-

Taux de modulation AM : $K(\%) = (A - a) / (A + a) = b / B$

-

Indice de modulation FM : $m = \text{Excursion FM (Hz)} / \text{BF maxi (Hz)}$

- 101 -

Feuille d'évaluation de l'examen du //201 .

Épreuve de (cocher la case)

Question n°

A B C D Rien thème écran

Technique:

revoir

n°

20 questions en 30 minutes ; 30/60

1

Réglementation :

20 questions en 15 minutes ; 30/60

2

3

Ne répondez aux questions que si vous êtes

4

sûr de votre réponse.

5

Ne perdez pas inutilement votre temps sur

6

une question qui vous semble difficile, vous

la retrouverez au passage suivant

7

8

Le logiciel vous permet, à l'aide de la souris

9

- de **sélectionner votre réponse** en

10

cliquant sur la case de la bonne réponse

(une seule réponse par question)

11

- de passer d'une question à l'autre :

12

o **Question suivante** (après la question

n°20, on revient à la n°1)

13

o **Question précédente** (après la

question n°1, on retourne à la n°20)

14

o **Aller à la question** (entrer le n° de la

15

question avec le pavé numérique et

valider par « Entrée »)

16

- d'**effacer la réponse** à la question en

cours (pour modifier une réponse, cochez

17

simplement la nouvelle réponse)

18

- d'afficher un **récapitulatif** des questions

auxquelles on a répondu sous forme d'un

19

tableau avec des coches vertes

20

- de **terminer l'épreuve** avant la fin du

temps imparti

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 En cas de doute sur la formulation d'une

question ou sur les réponses proposées, noter la question (en haut à gauche de l'écran). Ce numéro permettra éventuellement 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**

ou par mail à cnfra@ref-union.org

en précisant bien 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).

- 102 -

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)
- Ondes Courtes Informations, revue de l'URC (voir adresse dans Associations)
- *Mégahertz Magazine* (mensuel disparu en septembre 2008 et contenant de nombreux articles de vulgarisation)
- Ham Mag, un e-magazine bi-mensuel gratuit : inscription sur <http://ham.france.free.fr> De nombreux sites Internet ont été créés 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 le site de l'ANFR, une présentation du logiciel d'examen nécessitant l'installation préalable d'un « plug-in » est disponible à partir de la page suivante : <http://www.anfr.fr/index.php?cat=radioamateur&>
- Les sites non officiels 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 ont été mis à jour avec les épreuves qui se passent dorénavant sur un ordinateur dans un environnement Windows et non plus sur Minitel o Licencer@ : <http://licencera.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 (<http://f6kgl.f5kff.free.fr/questionsf4.pdf> et <http://f6kgl.f5kff.free.fr/questionsf0.pdf>) issues de la liste de diffusion citée ci-dessus. Ces documents sont mis à jour régulièrement.

Adresses :

- Associations :

o Réseau des Émetteurs 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 Électroniques 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 :

Gestion du dossier : ANFR – 4 rue Alphonse Matter – 88108 Saint Dié des Vosges – Tél : 03 29 42 20 74

- 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>) :

o Paris et Centre : Villejuif (94), 112 rue Édouard Vaillant

01 49 58 31 00

o Nord :

Le Portel (62), route du Cap

03 21 99 71 54

o Est :

Villers les Nancy (54), Technopôle de Brabois, 7 allée de Longchamp

03 83 44 70 07

o Rhône Alpes :

St André de Corcy (01), 522 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, ZI de Pahin

05 61 15 94 30

o Ouest :

Donges (44), 223 La Pommeraie

02 40 45 36 36

o Antilles Guyane Baie Mahault (971), RN1, Destrellan, Quartier Boisneuf

05 90 32 21 89

o La Réunion

La Possession (974), 33 rue G. Eiffel, ZAC Ravine à Marquet

02 62 35 03 94

o Nlle Calédonie

Nouméa (988), HCR

00 (687) 25 62 60

o Polynésie Fr.

Papeete, Tahiti (987)

00 (689) 468 631

Rien ne vous interdit de passer l'examen dans un centre différent de celui dont vous dépendez. De plus, l'ANFR peut organiser des sessions en dehors de ses 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

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. Le décompte des points des exercices est : 3 points pour une bonne réponse, -1 point pour une réponse fausse, 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 : les séries n° 1 à 21 portent sur les différents chapitres du cours de Réglementation et de Technique. Elles sont le complément des exemples proposés dans le cours.

-

Progression : les séries n° 22 à 32 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, réglementation ou technique), les 5 dernières questions portent sur les chapitres des séries précédentes.

-

Examens blancs (Réglementation puis Technique) : ce sont les séries numérotées de 33 à 50.

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.

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.

L'ANFR a précisé le processus de déroulement de l'examen : afin que l'ensemble du programme des examens soit balayé et pour éviter trop de questions sur des sujets similaires, les questions de chaque examen (réglementation et technique) ont été réparties dans 10 familles plus ou moins homogènes. Pour chaque examen, 2 questions sont choisies au hasard dans chacune des 10 familles puis l'ensemble est présenté aléatoirement lors de l'épreuve. A la lecture des comptes rendus récents (voir ci-dessous), quelques familles peuvent être identifiées :

- Épreuve de Réglementation :

o

abréviations en code Q et en code Morse

o

fréquences attribuées (avec leur statut) et puissances autorisées

o

définition/codification des classes d'émission

o

table d'épellation internationale

o

formation des indicatifs d'appel français et préfixes européens

o

la partie technique de cette épreuve est la cause de nombreux échecs à l'examen de classe 3. Les questions sur cette partie sont réparties en 3 familles (soit 6 questions par examen)

- Épreuve de Technique :

o

code des couleurs des résistances

o

diodes et transistors, classes d'amplification, distortion

o

synoptiques de récepteur et d'émetteur

Visitez la page dédiée aux radioamateurs du site de l'ANFR <http://www.anfr.fr/index.php?cat=radioamateur> qui propose une présentation de l'examen sachant que la base de données des questions est très réduite et que, de ce fait, on ne peut pas s'y entraîner. En revanche, on peut télécharger gratuitement sur Internet le logiciel Exam'1

développé par F5AXG (<http://www.f5axg.org>) qui simule parfaitement l'examen et, grâce au corrigé des épreuves, permet aux candidats de progresser.

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 synthèse de ces comptes-rendus est disponible sur la page Formation du site Internet du radio-club F5KFF-F6KGL (<http://f6kgl.f5kff.free.fr/page04.html>). Une fois l'examen passé (et, je l'espère, réussi), vous pouvez 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.

73 de F6GPX, Jean-Luc (jfortin@club.fr)

- 104 -

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

- 105 -

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 Excursion

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 Matériel obligatoire

35-3 35-8 36-3 37-1 37-8

R1-3 Filtrage alimentation

1-9 37-1 40-6

R2-1 Tableau des bandes autorisées

2-3 2-4 2-5 2-6 2-7 26-1 26-3 26-4 30-9 33-4 35-5 36-4 37-5 38-3 39-5

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 Épellation

3-1 3-2 3-3 28-1 28-2 31-8 33-8 34-6 35-10 38-7

R3-2 Abréviations en code Q

3-4 3-5

R3-3 Déroulement d'un contact

3-6 3-7 3-8 28-3 28-4 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 30-7 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 français

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 Gammes d'onde

34-3 40-5

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 groupements

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

- 106 -

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 Émetteur

20-9 20-10 32-6 43-9 45-1

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

1ERE PARTIE : REGLEMENTATION -

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 1er 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 22 abréviations à connaître) et **Table internationale d'épellation phonétique.**

2EME 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 1er : Électricité, électromagnétisme et radioélectricité**

1.1 Conductivité :

Conducteur, semi-conducteur et isolant ;

Courant, tension et résistance ;

- 108 -

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 ; Déviation de fréquence et indice de modulation : $m = \Delta f / f_{\text{mod}}$

Porteuse, bandes latérales et largeur de bande ;

Forme d'onde.

1.9. Puissance et énergie :

Puissance des signaux sinusoïdaux : $P = RI^2$; $P = U^2/R$ ($U = U_{\text{eff.}}$; $I = I_{\text{eff.}}$)

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) : $X_C = 1 / 2\pi f C$

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 $[X_L]$: $X_L = 2\pi f L$

Facteur Q ;

L'effet de peau ;

Pertes dans les matériaux du noyau.

2.4. Applications et utilisation des transformateurs :

Transformateur idéal [$P_{\text{prim}} = P_{\text{sec}}$]

La relation entre le rapport du nombre de spires et

Le rapport des tensions : $U_{\text{sec}} / U_{\text{prim}} = N_{\text{sec}} / N_{\text{prim}}$;

Le rapport des courants : $I_{\text{sec}} / I_{\text{prim}} = N_{\text{prim}} / N_{\text{sec}}$;

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 ;

- 109 -

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].

- 110 -

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 piaulements 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.

- 111 -

- 112 -

Première section

Chapitre par chapitre

- 113 -

- 114 -

Série n° 1

Thème : Chapitre Réglementation 1

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Quelle est la définition de la classe d'émission A2B ? Quelle classe d'émission a la définition suivante :

"Fac-similé, Modulation de phase"

A = Modulation de fréquence, tout ou rien,

télégraphie automatique

B = Téléphonie, BLU porteuse supprimée

C = Télévision, modulation de fréquence

A = C3G B = G3C C = F3C D = C2G

D = Télégraphie automatique, AM avec sous-

porteuse modulante

Q 3

Q 4

Dans la classe d'émission A3F, que signifie le F ?

Pour une fréquence de 14.000 kHz, quelle doit

être la précision de l'affichage de la fréquence

A=Modulation de Fréquence B=Modulation de Phase A = ± 5 kHz B = $\pm 1,4$ kHz C = Téléphonie D = Télévision

C = ± 1 kHz D = ± 10 kHz

Q 5

Q 6

Pour une fréquence de 434 MHz, quelle doit être

Quelle doit être la stabilité d'un

la précision de l'affichage de la fréquence ?

émetteur fonctionnant sur 21 MHz ?

A = ± 5 kHz B = $\pm 43,4$ kHz

A = $\pm 2,5$ kHz B = $\pm 1,05$ kHz

C = $\pm 2,5$ kHz D = $\pm 4,34$ kHz

C = ± 420 Hz D = $\pm 4,2$ kHz

Q 7

Q 8

En modulation de fréquence, sur la bande 144 MHz,

Sur 144 MHz, les rayonnements non essentiels,

pour une puissance de sortie de 50 watts doivent

A = Il est nécessaire de posséder un générateur 2 tons

être inférieurs à :

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

A = -40 dB B = -50 dB C = -60 dB D = -70 dB

D = L'excursion est de ± 15 kHz

Q 9

Q 10

En Bande Latérale Unique,

Les perturbations réinjectées dans le réseau

EDF ne doivent pas dépasser :

A = le filtrage de l'alimentation est obligatoire

B = on ne doit pas émettre à moins de 15 kHz de l'

A = 1 mV entre 0,15 MHz et 0,5 MHz

extrémité de la bande

B = 0,3 mV entre 0,5 MHz et 5 MHz

C = l'excursion ne doit pas dépasser ± 3 kHz

C = 1 mV entre 0,5 MHz et 30 MHz

D = la précision de la lecture de la fréquence doit être

D = 1 mV au dessus de 30 MHz

au moins de $\pm 2,5$ kHz

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

- 115 -

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

$434.000.000 / 10.000 = 43.400 \text{ Hz} = 43,4 \text{ kHz}$

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

$21 \text{ MHz} = 21.000.000 \text{ Hz} / 20.000 = 1050 \text{ Hz} = 1,05 \text{ kHz}$

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 fait pas partie du matériel obligatoire ; 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.

Autres réponses (fausses) : en limite de bande, on tient compte de la bande occupée, de la dérive des oscillateurs et de la précision de l'affichage mais rien n'indique une valeur précise. L'excursion en fréquence est valable pour tous les types de modulations (et pas seulement en FM) et doit être au plus de $\pm 7,5$ kHz au dessus de 30 MHz ; en tout état de cause, on limitera au mieux la bande occupée. La précision de lecture (et donc de l'affichage) est de ± 1 kHz en dessous de 30 MHz et 10^{-4} de la fréquence d'émission au dessus ; au-delà de 30 MHz, la précision de l'affichage est donc nécessairement supérieure à ± 3 kHz.

Q 10 Référence : R1-3 Réponse : C

1 mV entre 0,5 et 30 MHz

2 mV entre 0,15 et 0,5 MHz

- 116 -

Série n° 2

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2 Quelle est l'affirmation fausse ? :

La Compatibilité ElectroMagnétique est la faculté :

A : la foudre cherche toujours le chemin le plus

A : d'une antenne à émettre et à recevoir une

droit pour aller à la terre

fréquence

B : pour éviter que la foudre ne tombe sur un

B : d'un récepteur à recevoir plusieurs bandes

pylône, il faut le relier à la terre

C : d'un émetteur à ne pas perturber son

C : la tension présente dans une antenne en

environnement

émission peut être élevée

D : d'un récepteur à ne pas attirer la foudre

D : les alimentations par le secteur doivent être

construites dans des compartiments fermés

Q 3

Q 4

Quelle fréquence est une limite de bande ?

Quelle fréquence est autorisée uniquement en

région 2 ?

A : 14.450 kHz B : 24.990 kHz

A : 7.110 kHz B : 3.950 kHz

C : 29.500 kHz D : 438 MHz

C : 14.060 kHz D : 28.200 kHz

Q 5

Q 6

Quelle est la bande réservée en exclusivité aux R.A. ?

Quelles sont les limites de la bande des 3 cm ?

A : 40 m B : 80 m

A : 1.240 à 1.300 MHz B : 2.300 à 2.450 MHz

C : 30 m D : 70 cm

C : 5.650 à 5.850 MHz D : 10 à 10,5 GHz

Q 7

Q 8

Quel département d'outre-mer ne fait pas

Quelle bande a le statut de bande partagée ?

partie de la Région 2 de l'UIT ?

A : 30 m B : 17 m

A : Guyane B : Guadeloupe

C : 15 m D : 12 m

C : Martinique D : Réunion

Q 9

Q 10

Pour les radioamateurs de classe 3, quelle est

Quelle est la puissance maximum crête 2 signaux

la puissance crête de l'étage final ?

de l'étage final sur 28.500 kHz ?

A : 5 W B : 10 W

A : 100 W B : 120 W

C : 20 W D : 30 W

C : 250 W D : 500 W

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

- 117 -

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 : B

La bande des 80 mètres est plus large en région 2. La bande des 40 mètres a été étendue dans les régions 1 et 3 jusqu'à 7200 kHz en juin 2010 (décision ARCEP 10-0537).

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)

- 118 -

Série n° 3

Thème : Chapitre Réglementation 3

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Comment s'épelle TK5UW ?

Comment s'épelle la lettre F ?

A = Tango Kilo 5 Uniform Washington

A = France

B = Tango Kilo 5 Université Washington

B = Fox-trot

C = Tango Kilo 5 Uniform Whiskey

C = Florida

D = Tango Kilo 5 Uruguay Washington

D = Fox

Q 3

Q 4

Comment s'épelle la lettre Y ?

Quelle est la bonne signification du code Q ?

A = Yolande

A : QRL = Intelligibilité des signaux

B = Yale

B : QRM = Brouillage des signaux

C = Yokohama

C : QRT ? = Qui m'appelle ?

D = Yankee

D : QTR = Position exacte

Q 5

Q 6

Quel code Q signifie « La force des signaux varie » ?

Quand doit-on s'identifier avec son indicatif

d'appel personnel lors d'un contact ?

A : au début et à la fin de toutes les périodes

d'émission

B : au début et à la fin du contact

C : toutes les 5 minutes

A : QSA B : QSB C : QSO D : QSL

D : quand le correspondant le demande

Q 7

Q 8 Quelle est l'affirmation fautive ?

A-t-on le droit de coder des messages pour les

rendre incompréhensibles de tous ?:

A : On ne doit pas utiliser une fréquence en

permanence

B : On doit effectuer ses transmissions en

A : Non, jamais

langage clair

B : Uniquement dans le cas des signaux de commandes

C : On s'assurera, avant d'émettre, qu'on ne

des satellites du service d'amateur

brouillera pas des émissions en cours

C : Uniquement dans le cas de messages confidentiels

D : Le trafic en « cross band » n'est pas autorisé

D : Oui, dans tous les cas

aux opérateurs de classe 3

Q 9

Q 10

Teneur des conversations autorisées :

Teneur des conversations non autorisées :

1 = Publicité pour un revendeur de matériel

1 = Informatique 2 = Astrologie

2 = Astrologie

3 = Réglementation 4 = Vie associative

3 = Astronomie

4 = Météorologie

A : 1,2,3,4 B : 1,3,4 C : 1,3 D : 1,2,3

A : 1,4 B : 3,4 C : 1,2 D : 1,2,3

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 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 : A

Q 7 Référence : R3-3 Réponse : B

Q 8 Référence : R3-3 Réponse : D. Le trafic « cross band » est autorisé aux opérateurs de classe 3 sous réserve que les émissions se fassent sur une fréquence et avec la puissance autorisées.

Q 9 Référence : R3-4 Réponse : B

Astronomie et pas astrologie

Q 10 Référence : R3-4 Réponse : C

Les textes de réglementation en vigueur ne précisent rien mais font référence au RR qui limite les conversations aux « communications en rapport avec l'objet du service d'amateur (...) et à des remarques d'un caractère purement personnel ». Les messages publicitaires et les conversations portant sur l'astrologie ne sont donc pas autorisés. En revanche l'astronomie ou la météorologie sont autorisés car ces deux sujets peuvent être des paramètres influant sur les conditions de propagation.

Série n° 4

Thème : Chapitre Réglementation 4 et 5

Temps : 8 minutes

Q 1 Quel est l'élément non obligatoire du

Q 2 Quelles sont les données à consigner dans

carnet de trafic ?

le carnet de trafic ?

1 = heure du contact 2 = lieu d'émission

A : Date du contact

du correspondant

B : Indicatif du correspondant

3 = report donné 4 = report reçu

C : Prénom du correspondant

5 = classe d'émission

D : Fréquence utilisée

A : 1,5 B : 1,3,4,5 C : 3,4,5 D : 1,3,4

Q 3 Une station portant le suffixe "MM" :

Q 4 Une station transportable :

A : est une station portable

A : a un suffixe "/M"

B : est manœuvrée en dehors des eaux territoriales

B : a un suffixe "/MM"

C : peut contacter la station fixe

C : a un suffixe "/T"

D : peut être montée sur un hydravion

D : a un suffixe "/P"

Q 5 Quelle est l'affirmation fausse ?

Q 6 A quel rapport de puissance correspond un

gain de 6 dB

A : l'opérateur occasionnel doit communiquer son

propre indicatif après celui de la station utilisée

B : l'opérateur occasionnel reporte les contacts effectués A : 2

sur son carnet de trafic

B : 4

C : une station "/P" est une station mobile

C : 8

D : la classe d'émission est une mention obligatoire

D : 10

du carnet de trafic

Q 7 Quelle est l'affirmation fausse ?

Q 8 Le préfixe "FS" est utilisé pour :

A : l'antenne quart d'onde verticale a une impédance

caractéristique de 36Ω

B : une antenne a la même impédance à l'émission

A : Saint Barthélemy

et à la réception

B : Saint Pierre et Miquelon

C : dans un doublet, chaque brin a la même longueur

C : Saint Martin

D : L'impédance au centre d'une antenne trombone

D : Seychelles

est de 75Ω

Q 9 Quel indicatif n'est pas "radioamateur" ?

Q 10 Quel préfixe est utilisé pour Mayotte ?

A : FG0AX

A : FT

B : FL4YT

B : FY

C : FY5OR

C : FM

D : TM1A

D : FH

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

- 121 -

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 2ème ou en 3ème position (mais pas les deux et en 3ème position obligatoirement si le préfixe commence par un chiffre) Q 10 Référence : R4-6 Réponse : D

- 122 -

Série n° 5

Thème : Chapitre Technique 1

Temps : 10 minutes

Q 1

Q 2

Quelles sont les couleurs de cette résistance?

Valeur de la résistance ?

820 Ω

A = 2.400 Ω

B = 24.000 Ω

A = Gris Marron Rouge

C = 5.400 Ω

B = Gris Rouge Marron

D = 542 Ω

Vert - Jaune - Rouge

C = Marron Rouge Gris

D = Blanc Rouge Marron

Q 3

Q 4

Quelles sont les couleurs

de la résistance ?

A = 225 Ω

1 A

B = 0,066 Ω

R = ?

R = 1 k Ω

C = 3,87 Ω

A = Noir Marron Orange

D = 15 Ω

15 V

B = Marron Noir Rouge

C = Marron Orange Noir

D = Marron Orange Argent

Q 5

Q 6

A = 150 V

A = 144 μ A

B = 0,15 V

B = 10 mA

C = 0,015 V

1 mA

C = 10 μ A

$$I = ?$$

$$D = 1,5 \text{ V}$$

$$D = 14,4 \text{ } \mu\text{A}$$

$$150 \text{ } \Omega$$

$$12 \text{ k}\Omega$$

$$120 \text{ mV}$$

$$U = ?$$

$$Q 7$$

$$Q 8$$

$$A = 250 \text{ W}$$

$$A = 120 \text{ mW}$$

$$P = ?$$

$$P = ?$$

$$B = 4 \text{ W}$$

$$B = 1,44 \text{ W}$$

$$C = 250 \text{ mW}$$

$$25 \text{ k}\Omega$$

$$C = 12 \text{ mW}$$

$$12 \text{ mA}$$

$$D = 4 \text{ mW}$$

$$D = 144 \text{ mW}$$

$$R$$

$$10 \text{ V}$$

$$10 \text{ V}$$

$$Q 9$$

$$Q 10$$

$$A = 10 \text{ mW}$$

$$A = 2,5 \text{ mA}$$

$$P = ?$$

$$B = 100 \text{ W}$$

$$B = 50 \text{ mA}$$

$$P = 25 \text{ W}$$

$$C = 2 \text{ W}$$

$$C = 400 \text{ mA}$$

$$20 \text{ mA}$$

$$I = ?$$

$$D = 20 \text{ W}$$

D = 62,5 mA

5000 Ω

10 k Ω

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

- 123 -

Réponses Série 5

Q 1 Référence : T1-5 Réponse : C

Vert :

5)

Jaune :

4) ==> $54 \times 10^2 = 5.400 \Omega$

Rouge :

2)

Q 2 Référence : T1-5 Réponse : B

(8 : Gris

$820 \Omega = 82 \times 10^1$

(2 : Rouge Rappel du code des couleurs : N M R O J V B V G B

(1 : Marron

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Q 3 Référence : T1-5 Réponse : B

(1 : Marron

$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega = 10 \times 10^2 ==>$

(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 :

U

P

U^2

P

R I

$R I^2$

P R

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 :

U

P

U^2

P

R I

R^2

P R

U I

Q 6 Référence : T1-2 Réponse : C

$$I = U/R = 120 \, \text{mV} / 12 \, \text{k}\Omega = 0,12 / 12000 = 0,000 \, 01 \, \text{A} = 0,01 \, \text{mA} = 10 \, \mu\text{A}$$

Rappel des 4 triangles :

U

P

U^2

P

R I

R^2

P R

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 $10 \, \mu$

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 :

U

P

U^2

P

R I

R^2

P R

U I

Sur une calculette : $10 (U) = 10 \cdot 100 [x^2] = 100 \cdot 100 \div 25 \cdot 10^3 (R) = 4 \cdot 10^{-3}$ soit $4 \, \text{m}$ 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 : $10 (U) = 10 \cdot 100 \times 12 \cdot 10^{-3} (I) = 12 \cdot 10^{-3}$ soit $12 \, \text{m}$

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 calculatrice : $20 \cdot 10^{-3} (I) = 20 \cdot 10^{-3} [x^2] = 400 \cdot 10^{-6} \times 5000 (R) = 2 \cdot 100$ 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 :

U

P

U²

P

R I

R P

P R

U I

Sur une calculatrice : $25 (W) = 25 \cdot 100 \div 10 \cdot 10^3 (R) = 2,5 \cdot 10^{-3} [I] = 50 \cdot 10^{-3}$ soit 50 mA

- 124 -

Série n° 6

Thème : Chapitre Technique 1

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Soit une résistance de 5 kΩ, d'une puissance maximum

Quelle est l'affirmation fausse ?

de 1/2 W, quelle est la tension maximale à appliquer

à ses bornes ?

A = Une tension se mesure entre deux points

d'un circuit

B = Le courant va du - vers le +

A = 500 V B = 10 kV C = 50 V D = 2.500 V

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

Q 3

Q 4

5 Ω

30

I = ?

1 A

3 A

I = ?

10 Ω

10

A : 1 A B : 2 A C : 1,5 A D : 5 A

A : 1 A B : 2 A C : 1,33 A D : 4 A

Q 5

Q 6

10

10 Ω

Ω

0,5 mA

I = ?

I = ?

10 Ω

300 mA

1 mA

5

10 Ω

Ω

A : 900 mA B : 100 mA C : 30 mA D : 200 mA

A : 0,5 mA B : 15 mA C : 1,5 mA D : 1 mA

Q 7

Q 8 La puissance dissipée par ces 2

résistances est 100W

15 Ω

I = 50 mA

A : 1,25 V

20 Ω

70 Ω

30 Ω

B : 0,75 V

1 A

C : 3 V

25 Ω

U = ?

D : 0,833 V

U = ?

A : 15 V B : 70 V C : 7 V D : 49 V

Q 9

Q 10

50 Ω

15 V

A = 15 A

I = ?

25 Ω

I = ?

50 Ω

B = 1 A

P = 15 W

La puissance dissipée par ces 3 résistances est 50W

C = 66 mA

A : 250 mA B : 125 mA C : 1 A D : 2 A

D = 2,25 A

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

- 125 -

Réponses Série 6

Q 1 Référence : T1-2 Réponse : C

$$U = \sqrt{P \times R} = \sqrt{0,5 \times 5.000} = \sqrt{2.500} = 50 \text{ V}$$

Selon la taille des résistances, celles-ci peuvent dissiper plus ou moins de chaleur. La question posée ici est de calculer la tension pour laquelle la résistance dissipera $\frac{1}{2}$ W. Si la tension est plus forte que 50 volts, la puissance dissipée sera plus importante et cela risquera d'endommager le composant.

Q 2 Référence : T1-1 Réponse : B

Le courant va toujours du + vers le -

Q 3 Référence : T1-7 Réponse : B

$$R_T = (10 \times 5) / (10 + 5) = 3,33$$

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 : $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$

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 bas car elle est 3 fois plus petite. $I_{R_{\text{bas}}} = 3 \times I_{R_{\text{haut}}} = 3 \text{ A}$; $I_T = I_{R_{\text{haut}}} + I_{R_{\text{bas}}} = 1 \text{ A} + 3 \text{ A} = 4 \text{ A}$

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

$$I = P/U = 15/15 = 1 \text{ A}$$

- 126 -

Série n° 7

Thème : Chapitre Technique 1

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

$$A = 218 \Omega$$

$$A = 18 \text{ V}$$

$$U = ?$$

$$B = 3800 \Omega$$

$$1,8 \text{ k}\Omega$$

$$200 \Omega$$

$$B = 22,5 \text{ V}$$

$$1,8 \text{ k}\Omega$$

$$200 \Omega$$

$$C = 2000 \Omega$$

$$C = 2,5 \text{ V}$$

Quelle est la résistance

$$25 \text{ V}$$

équivalente ?

$$D = 180 \Omega$$

$$D = 20 \text{ V}$$

Q 3

Q 4

U = ?

A = 15,66 V

5 V

12 k Ω

8 k Ω

5 k Ω

B = 15 V

15 k Ω

30 k Ω

2 k Ω

18 mA

U = ?

C = 1,595 V

A = 0,45 V C = 25 V

D = 32 V

B = 138 V D = 450 V

Q 5

Q 6

Quelle est la résistance équivalente ?

A = 2 mA

2 k Ω

A = 25 k Ω

I = ?

10 k Ω

B = 5 mA

B = 2,5 k Ω

60 mA

5 k Ω

C = 10 mA

10 k Ω

C = 5 k Ω

D = 0,05 A

D = 20 k Ω

10 k Ω

Q 7 Résistance équivalente ?

Q 8 Résistance équivalente ?

A = 3 k Ω

6 k Ω

5 k Ω

1 k Ω

0,5 k Ω

B = 2,34 k Ω

600 Ω

2 k Ω

4 k Ω

C = 1,5 k Ω

6 k Ω

3 k Ω

D = 6 k Ω

A = 1 k Ω D = 4 k Ω

B = 1,5 k Ω C = 2 k Ω

Q 9

Q 10

A = 36 C

Un fil de 2 cm² de section a une résistance de

B = 540 C

20 Ω . Si ce fil avait une section de 5 cm²,

Durée = 1 heure

C = 150 C

quelle serait sa résistance ?

D = 54 C

15 k Ω

Q = ?

I = 10 mA

A = 10 Ω B = 50 Ω C = 5 Ω D = 8 Ω

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

- 127 -

Réponses Série 7

Q 1 Référence : T1-7 Réponse : C

1,8 k Ω = 1800 Ω

R équivalente = R1 + R2 = 1800 + 200 = 2000 Ω

Q 2 Référence : T1-7 Réponse : B

R équivalente = 2000 Ω (voir Q1)

$$UR1 = UT \times (R1 / RT) = 25 \text{ V} \times (1800 / 2000) = 22,5 \text{ V}$$

Q 3 Référence : T1-7 Réponse : A

Plusieurs méthodes de calcul, nous en avons retenu une qui applique la loi d'Ohm.

$$R \text{ équivalente} = R1 + R2 + R3 = 15 \text{ k} + 30 \text{ k} + 2 \text{ k} = 47 \text{ k}$$

$$I = (U / R) = 5 / 15000 = 0,333333 \text{ mA}$$

$$U = R \times I = 47 \text{ k} \times 0,33333 \text{ mA} = 15,66 \text{ V}$$

Sur une calculatrice : $47.103 (R) \times 0,333.10^{-3} (I) = 15,666.100$ converti en 15,66

Q 4 Référence : T1-7 Réponse : D

$$R \text{ équivalente} = 12 \text{ k} + 8 \text{ k} + 5 \text{ k} = 25 \text{ k}$$

$$U = R \times I = 25 \text{ k} \times 18 \text{ mA} = 450 \text{ V}$$

Sur une calculatrice : $25.103 (R) \times 18.10^{-3} (I) = 450.100$ converti en 450

Q 5 Référence : T1-7 Réponse : D

$$R \text{ équivalente} = (R1 \times R2) / (R1 + R2) = (2 \times 10) / (2 + 10) = 20 / 12 = 1,6666 \text{ k}$$

$$IR1 = IT \times (RT / R1) = 60 \text{ mA} \times (1,6666 / 2) = 0,05 \text{ A}$$

Sur une calculatrice : calcul de RT : $1 \div (1 \div 2.103 (R1) + 1 \div 10.103 (R2)) = 1,66.103$ converti en 1,66 k Calcul de IR1 : $1,66.103 (RT) \div 2.103 (R1) = 833,3.10^{-3} \times 60.10^{-3} (IT) = 50.10^{-3}$ soit 50 mA (ou 0,05 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

$$\text{Premier groupe} : (6 \times 4) / (6 + 4) = 24 / 10 = 2,4$$

$$\text{Sur une calculatrice} : 1 \div (1 \div 6 (R1) + 1 \div 4 (R2)) = 2,4$$

$$\text{Second ensemble} : 2,4 \text{ k} + 600 \Omega = 2400 + 600 = 3000 = 3 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Ensemble} : 3 \text{ k} \text{ et } 3 \text{ k} \text{ en parallèle} : 3 / 2 = 1,5 \text{ k}\Omega$$

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : B

$$\text{Premier groupe} : 5 \text{ k} + 1 \text{ k} = 6 \text{ k}$$

$$\text{Second ensemble} : (2 \times 6) / (2 + 6) = 12 / 8 = 1,5$$

$$\text{Sur une calculatrice} : 1 \div (1 \div 6 (R1) + 1 \div 2 (R2)) = 1,5$$

$$\text{Troisième ensemble} : 1,5 \text{ k} + 0,5 \text{ k} = 2 \text{ k}$$

$$\text{Ensemble} : (2 \times 6) / (2 + 6) = 1,5 \text{ k}\Omega$$

Q 9 Référence : T1-3 Réponse : A

$$10 \text{ mA pendant 1 heure} = 10 \text{ mA} \times 3600 \text{ s} = 36 \text{ C}$$

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. $20 / 2,5 = 8 \Omega$

- 128 -

Série n° 8

Thème : Chapitre Technique 2

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Combien de temps dure ce signal ?

Quelle est la fréquence d'un signal dont la période
dure 2 millisecondes ?

F = 15 kHz

t

A = 50 Hz B = 500 Hz C = 20 kHz D = 200 Hz

A = 66,6 μ s B = 37,5 ms

C = 0,666 μ s D = 0,166 ms

Q 3

Q 4

Quelle est la pulsation de ce signal ?

Quelle est la pulsation d'un signal dont la fréquence
25 μ s

est de 14 MHz ?

A = 87.920.000 rad/s C = 8.792.000 rad/s

B = 62.800 rad/s D = 62.800.000 rad/s

A = 157.000 rad/s C = 251.300 rad/s

B = 40.000 rad/s D = 246.490 rad/s

Q 5

Q 6

Quelle est la fréquence dont la pulsation est

18 V

U_{eff} = ?

150.000 rad/s ?

0 V

A = 23.870 Hz C = 66,6 kHz

B = 150 kHz D = 12.247 Hz

A = 25,45 V B = 6,35 V C = 4,24 V D = 12,7 V

Q 7

Q 8

Quelle est la quantité d'électricité

Quelle est l'impédance du condensateur ?

emmagasinée dans le condensateur ?

F = 12 MHz

10 V
2 nF
18 μ F
A = 25,45 mC B = 18 C C = 180 μ C D = 55,5 μ C

A = 150 Ω B = 24 Ω C = 6,6 Ω D = 41,7 Ω

Q 9

Q 10

Quelle est la capacité

Quelle est la capacité équivalente ?

équivalente ?

1,5 nF

12 nF

8 nF

0,1 nF

A = 5 nF

B = 198 pF

400 pF

200 pF

A = 75 pF B = 20 nF

C = 18,2 nF

C = 5,6 nF D = 0,002 μ F

D = 20,2 nF

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

- 129 -

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 : $2 \cdot 10^{-3} (t) [1/x] = 500.100$ soit 500

Ou, en écriture naturelle : $F = 1/t$ donc : $1 \div 2 \cdot 10^{-3} (t) = 500.100$ 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 : $15.103 (Fq) [1/x] = 66,66.10^{-6} \times 2,5$ (Nb période) = $166,6.10^{-6}$ 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 : $2 \times [\pi] \times 14.106 (F) = 87,965.106$ 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 :

$$1/0,000\ 025 = 40.000\ \text{Hz}$$

Sur cette fréquence, la pulsation est de : $2 \times \pi \times F = 6,2832 \times 40.000 = 251.300\ \text{rad/s}$ *Sur une calculette : 25.10^{-6} (durée période) $[1/x] = 40.103 \times 2 \times [\pi] = 251,327.103$*

soit, en arrondissant, 251.300

Ou, en écriture naturelle, calcul de la fréquence : $F = 1/t : 1 \div 25.10^{-6}$ (durée période) = 40.103 soit 40 kHz Q 5 Référence : T2-1 Réponse : A

$$\omega = 2 \times \pi \times F, \text{ donc } F = \omega / (2 \times \pi) = \omega / 6,2832$$

$$F = 150.000\ \text{rad/s} / 6,2832 = 23.870\ \text{Hz}$$

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

$$Q = C \times U = 18\ \mu\text{F} \times 10\ \text{V}$$

$$= 0,000\ 018 \times 10$$

$$= 0,000\ 18\ \text{C} = 0,18\ \text{mC} = 180\ \mu\text{C}$$

Q 8 Référence : T2-3 Réponse : C

$$Z(\Omega) = 159 / (F(\text{MHz}) \times C(\text{nF}))$$

$$= 159 / (12 \times 2) = 159/24 = 6,625 \text{ arrondi à } 6,6\ \Omega$$

Sur une calculette : 12.106 (F) $\times 2.10^{-9}$ (C) = $24.10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 150,8.10^{-3} [1/x] = 6,631.100$ arrondi à 6,6

Formule simplifiée : F (Hz) = $159 \div 12$ (F en MHz) $\div 2$ (C en nF) = 6,625 arrondi à 6,6

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times 12.106$ (F) $\times 2.10^{-9}$ (C)) = 6,631 arrondi à 6,6

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : D

C équivalente = somme des capacités (en parallèle)

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

$$1,5\ \text{nF} + 0,1\ \text{nF} + 0,4\ \text{nF} = 2\ \text{nF} = 0,002\ \mu\text{F}$$

Q 10 Référence : T2-3 Réponse : A

$$\text{Premier ensemble : } (12 \times 8) / (12 + 8) = 96/20 = 4,8\ \text{nF}$$

$$\text{Ensemble complet : } 4,8\ \text{nF} + 200\ \text{pF} = 4,8\ \text{nF} + 0,2\ \text{nF} = 5\ \text{nF}$$

- 130 -

Série n° 9

Thème : Chapitre Technique 2

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Comment se nomme la tension 75 V ?

5 V_{max}

75 V

70 Ω

$I_{\text{eff}} = ?$

0 V

t

A = Ueff B : Umax C : Ucrête D : Ucrête à crête A = 14 A B = 50 mA C = 71,4 mA D = 0,1 A Q 3

Q 4

P = 1 kW

En combien de temps le condensateur sera-

t-il "rempli" une fois le contact établi ?

R

Imax = ?

220 Veff

+

15 kΩ

10 μF

A = 150 ms B = 750 ms

A = 4,54 A B = 6,43 A C = 0,311 A D = 0,22 A

C = 450 ms D = 15 ms

Q 5

Q 6

une bobine de 10 μH possède 8 spires. Combien

F = 15 kHz

de spires possédera une bobine de 40 μH (les autres

12 μH

paramètres de la bobine ne changent pas) ?

Quelle est l'impédance de la bobine ?

A = 4 B = 16 C = 2 D = 32

A = 1,13 Ω B = 12 Ω C = 0,18 Ω D = 11,1 Ω

Q 7

Q 8

Quelle est la valeur équivalente de ce circuit ?

Quelle est la valeur équivalente de ce circuit ?

12 μH

8 μH

12 μH

Les bobines n'ont pas de mutuelle-inductance

Les bobines sont blindées

8 μH

A = impossible à calculer B = infinie

A = 4,8 μH C = impossible à calculer

$$C = 4,8 \mu\text{H} \quad D = 20 \mu\text{H}$$

$$B = 20 \mu\text{H} \quad D = \text{infinie}$$

Q 9

Q 10

Quelle est la pulsation de ce circuit ?

Quelle est la capacité équivalente ?

$$0,9 \mu\text{F}$$

$$F = 21 \text{ MHz}$$

$$1 \mu\text{H}$$

$$1 \mu\text{F}$$

$$300 \text{ nF}$$

$$A = 131,88 \text{ rad/s} \quad B = 131.880.000 \text{ rad/s}$$

$$C = 21.000 \text{ rad/s} \quad D = 62.800 \text{ rad/s}$$

$$A = 1,833 \mu\text{F} \quad B = 1,225 \mu\text{F}$$

$$C = 225 \text{ nF} \quad D = 545 \text{ nF}$$

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

- 131 -

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

$$U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} \times 0,707 = 5 \times 0,707 = 3,5 \text{ V}$$

$$I = U / R = 3,5\text{V} / 70\Omega = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

Q 3 Référence : T2-2 Réponse : B

$$P = U \times I \text{ donc } I = P / U = 1000/220 = 4,55 \text{ A}$$

$$I_{\text{max}} = I_{\text{eff}} \times 1,414 = 4,55 \times 1,414 = 6,43 \text{ A}$$

Q 4 Référence : T2-4 Réponse : B

le condensateur est rempli au bout de 5 périodes (T)

La période est calculée comme suit : $T(\text{s}) = R(\Omega) \times C(\text{F})$

$$T = 15.000 \times 0,000 010 = 0,15 \text{ s}$$

$$5T = 5 \times 0,15 = 0,75 \text{ s} = 750 \text{ ms}$$

Sur une calculette : $15.10^3 (R) \times 10.10^{-6} (C) = 150.10^{-3} \times 5 = 750.10^{-3}$ soit 750 ms 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

$$Z = 6,28 \times F \times L = 6,28 \times 15000 \times 0,000\ 012 = 1,13 \ \Omega$$

Sur une calculette : $15.103 (F) \times 12.10^{-6} (L) = 180.10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 1,13.100 = 1,13$

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.

$$L_{\text{eq}} = L_1 + L_2 = 12 \ \mu\text{H} + 8 \ \mu\text{H} = 20 \ \mu\text{H}$$

Q 8 Référence : T2-3 Réponse : A

$$L_{\text{eq}} = (L_1 \times L_2) / (L_1 + L_2) = (12 \times 8) / (12 + 8) = 96 / 20 = 4,8 \ \mu\text{H}$$

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

Premier ensemble : parallèle => addition : $0,9 \ \mu\text{F} + 300 \ \text{nF} = 900 \ \text{nF} + 300 \ \text{nF} = 1200 \ \text{nF}$

Ensemble complet : série => $CT = (C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2)$; $1 \ \mu\text{F} = 1000 \ \text{nF}$

$$CT = (1200 \times 1000) / (1200 + 1000) = 1.200.000 / 2.200 = 545 \ \text{nF}$$

- 132 -

Série n° 10

Thème : Chapitre Technique 3

Temps : 20 minutes

Q 1

Q 2

150 spires

100 spires

Quel est le nombre de spires au secondaire ?

300 V

U = ?

150 V

10 V

225 spires

A : 100 V B : 150 V C : 200 V D : 450 V

A : 15 B : 10 C : 66 D : 25

Q 3

Q 4

30 spires

U = ?

30 V

15 V

U = ?

60 spires

120 spires

60 spires

30 spires

A : 120 V B : 60 V C : 45 V D : 15 V

A : 5 V B : 7,5 V C : 15 V D : 30 V

Q 5

Q 6

200 spires

100 spires

Quel est le rapport de transformation ?

1 A

I = ?

3 A

5 A

A : 1 A B : 2 A C : 500 mA D : 200 mA

A : 3 B : 5 C : 1,4 D : 0,6

Q 7

Q 8

250 Ω

8 spires

U = ?

75 spires

100 spires

40 mA

Z = 50 Ω

Z = ?

16 spires

A : 7,5 V B : 10 V C : 15 V D : 25 V

A : 25 Ω B : 100 Ω C : 200 Ω D : 250 Ω

Q 9 Quel est le rapport de transformation N ?

Q 10 Quel est le rapport de transformation ?

15 spires

150 V

15 V

N = ?

30 spires

10 spires

A : 0,1 B : 0,3333 C : 0,833 D : 0,5

A : 0,1 B : 0,15 C : 5 D : 10

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

- 133 -

Réponses Série 10

Q 1 Référence : T3-1 Réponse : C

1) Par les formules classiques :

$$N = ns/np = 100/150 = 0,6666 ; U_s = U_p \times N = 300 \times 0,666 = 200 \text{ V}$$

2) Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = ns / np$; donc $U_s = \text{produit de la 2ème diagonale} / \text{valeur opposée} = (U_p \times ns) / np$
 $= (300 \times 100) / 150 = 200 \text{ V}$

Q 2 Référence : T3-1 Réponse : A

1) Par les formules classiques : $N = U_s / U_p = 150 / 10 = 15$; $ns = np / N = 225 / 15 = 15$

2) Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = ns / np$; donc $ns = \text{produit de la 2ème diagonale} / \text{valeur opposée} = (U_s \times np) / U_p$
 $= (225 \times 10) / 150 = 15$

Q 3 Référence : T3-1 Réponse : D

1) par les formules classiques :

$$N = ns/np = 120/60 = 2 ; U_p = U_s/N = 30/2 = 15 \text{ V}$$

2) Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = ns / np$; donc $U_p = \text{produit de la 2ème diagonale} / \text{valeur opposée} = (U_s \times np) / ns$
 $= (30 \times 60) / 120 = 15$

Q 4 Référence : T3-1 Réponse : B

1) par les formules classiques :

$$N = ns/np = 30/60 = 0,5 ; U_s = U_p \times N = 15 \times 0,5 = 7,5 \text{ V}$$

2) Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = ns / np$; donc $U_s = \text{produit de la 2ème diagonale} / \text{valeur opposée} = (U_p \times ns) / np$
 $= (15 \times 30) / 60 = 7,5$

Dans ce transformateur possédant deux secondaires, le nombre de spires présent sur le deuxième secondaire n'est d'aucune utilité.

Q 5 Référence : T3-1 Réponse : B

1) par les formules classiques :

$$N = ns/np = 100/200 = 0,5 ; I_s = I_p / N = 1/0,5 = 2 \text{ A}$$

2) Par le produit en croix, on retient les couples I et n : $I_p / I_s = ns / np$; donc $I_s = \text{produit de la 2ème diagonale} / \text{valeur opposée} = (I_p \times np) / ns = (1 \times 200) / 100 = 2$

Q 6 Référence : T3-1 Réponse : D

1) par les formules classiques :

$$N = I_p / I_s = 3/5 = 0,6$$

2) Par le produit en croix, on retient les couples I et N : $I_p / I_s = N / 1$; 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

1) par les formules classiques :

$$U_s = R \times I_s = 250 \Omega \times 0,04 \text{ A} = 10 \text{ V} ; N = n_s/n_p = 100/75 = 1,333 ; U_p = U_s / N = 10 / 1,333 = 7,5 \text{ V}$$

2) Par le produit en croix, on retient les couples U et n : $U_s / U_p = n_s / n_p$; donc $U_p = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (U_s \times n_p) / n_s = (10 \times 75) / 100 = 7,5$

Q 8 Référence : T3-1 Réponse : C

1) par les formules classiques :

$$N = n_s/n_p = 16/8 = 2 ; Z_s = Z_p \times N^2 = 50 \times 2 \times 2 = 200 \Omega$$

2) Par le produit en croix, on retient les couples Z et n : $\sqrt{Z_s} / \sqrt{Z_p} = n_s / n_p$; donc $\sqrt{Z_s} = \text{produit de la 2ème diagonale / valeur opposée} = (\sqrt{Z_p} \times n_s) / n_p$; en élevant au carré : $Z_s = (Z_p \times n_s^2) / n_p^2 = (50 \times 16^2) / 8^2$

$$= (50 \times 256) / 64 = 200$$

Q 9 Référence : T3-1 Réponse : B

$$N = n_s/n_p = 10/30 = 0,333$$

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 = ?".

Q 10 Référence : T3-1 Réponse : A

$$N = U_s / U_p = 15/150 = 0,1$$

Attention au sens de l'opération : il s'agit d'un transformateur abaisseur (la tension est plus faible sur le secondaire), donc le rapport de transformation (N) est inférieur à 1, ce qui écarte les réponses C et D.

- 134 -

Série n° 11

Thème : Chapitre Technique 3

Temps : 15 minutes

Q 1 Quelle est la f.é.m. de la pile ?

Q 2

$$E = 1,5 \text{ V}$$

$$10 \Omega$$

$$R_i = ?$$

$$190 \Omega$$

$$40 \text{ mA}$$

$$50 \Omega$$

$$25 \text{ mA}$$

$$A : 10 \text{ V} \quad B : 9 \text{ V} \quad C : 8 \text{ V} \quad D : 4 \text{ V}$$

$$A : 10 \Omega \quad B : 15 \Omega \quad C : 25 \Omega \quad D : 60 \Omega$$

Q 3

$$E = 9 \text{ V}$$

Q 4 Valeur de la tension aux bornes de la

résistance ?

R_i

$R_i = ?$

R

10 mA

40 Ω

15 mA

8 V

U = ?

A : 1 Ω B : 10 Ω C : 50 Ω D : 100 Ω

A : 0,15 V B : 0,6 V C : 6 V D : 9 V

Q 5 Ce circuit ne peut fonctionner que

Q 6 La lampe à incandescence est restée

pendant 1 heure. Quelle est la capacité

allumée pendant 8 heures. Quelle est

de la pile ?

la quantité d'électricité débitée par la pile ?

Lampe

50 Ω

10 mA

1,5V

A : 0,08 Ah B : 2880 C

A : 0,03 C B : 0,3 Ah C : 108 C D : 120 C

C : 0,8 Ah D : 800 C

Q 7 Le calibre de ce voltmètre est 10 Volts

Q 8 La tension de calibre du voltmètre est 20 V.

Quelle est la valeur de R ?

Quelle est l'intensité de déviation maximum

du galvanomètre ?

$I_{max} = 1 \text{ mA}$

$r_i = 50 \Omega$

R = ?

G

19900 Ω

G

$r_i = 100 \Omega$

A : 9950 Ω B : 99950 Ω

C : 50050 Ω D : 49950 Ω

A : 0,01 A B : 0,1 A C : 0,1 mA D : 1 mA

Q 9
Q 10 Le galvanomètre d'un voltmètre calibré

R = ?

Icalibre = 1 A

pour 10 Volts a une déviation maximale

pour un courant de 0,4 mA. Quelle est la

$I_{max} = 0,5 \text{ mA}$

résistance à mettre en série avec le

$r_i = 5 \Omega$

voltmètre pour obtenir un calibre de 25 V ?

G

A : 0,025 Ω B : 0,5 m Ω

A : 25000 Ω B : 62500 Ω

C : 2,5 Ω D : 2501 $\mu \Omega$

C : 37500 Ω D : 40000 Ω

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

- 135 -

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

$$r = R_{totale} - R = (E/I) - R = (1,5/0,025) - 50 = 60 - 50 = 10 \Omega$$

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

$$R = (U_{calibre} / I_{galva}) - r = (10 \text{ V} / 0,001 \text{ A}) - 50 = 10000 - 50 = 9950 \Omega.$$

Notez qu'avec les multimètres numériques, la notion d'intensité de déviation maximum ne veut plus rien dire.

De même, la résistance interne être très grande et à peu près identique quelque soit le calibre utilisé. Ainsi, la notion de qualité des voltmètres (en Ω/V) disparaît elle aussi.

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

$$R = (r \times I_g) / (I_{\text{calibre}} - I_g) = (5 \times 0,0005) / (1 - 0,0005)$$

$$= 0,0025 \text{ V} / 0,9995 \text{ A} = 0,0025012 \ \Omega$$

$$= 2,501 \text{ m}\Omega = 2501 \ \mu\Omega$$

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

$$R_{\text{totale}10V} = U_{\text{calibre}} / I_g = 10 \text{ V} / 0,0004 = 25000 \ \Omega$$

$$R = (R_{\text{totale}25V} / I_g) - R_{\text{totale}10V} = (25 / 0,0004) - 25000$$

$$= 62500 - 25000 = 37500 \ \Omega$$

- 136 -

Série n° 12

Thème : Chapitre Technique 4

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Quel est le type de ce filtre ?

Quelle est l'atténuation de filtre (en dB/Octave)

?

A = passe haut

A = 6 dB

B = passe bas

B = 10 dB

C = passe bande

C = 12 dB

D = en Pi

D = 3 dB

Q 3

Q 4 Quel filtre possède ces caractéristiques ?

Quelle est la fréquence de coupure de ce filtre

5 μF

Tension

aux

bornes

A = 1,27 Hz

25 k Ω

du circuit

B = 125 Hz

F

C = 12,7 Hz

F₀

D = 12,5 Hz

A = Passe Bande B = Bouchon

C = Passe bas D = Passe haut

Q 5 Quelle est la courbe à la sortie du filtre Passe-Haut ? Q 6

U

U

À quel rapport de puissance

correspond 26 dB ?

A C

F

F

U

U

A : x 26 B : x 1.250.000

B D

F

F

C : x 40 D : x 400

Q 7

Q 8

Combien de dB font un rapport de puissance de 800 ?

4 W

13 dB

P = ?

A : 25 dB B : 29 dB

C : 3 dB D : 18 dB

A = 20 W B = 52 W C = 80 W D = 124 W

Q 9

Q 10

Quel est le rapport de puissance de l'ensemble ?

P = ?

200 W

20 dB

E

S

13 dB

7 dB

A = 2 W B = 10 W C = 20 W D = 40 W

A : x 140 B : x 20 C : x 91 D : x 100

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

- 137 -

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 : $25.10^3 (R) \times 5.10^{-6} (C) = 125.10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 785 ; 4.10^{-3} [1/x] = 1,273$ 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 : $1 \div (2 \times [\pi] \times 25.10^3 (R) \times 5.10^{-6} (C)) = 1,273$ 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. Attention : dans un filtre passe-haut ou passe-bas, la tension se mesure à la sortie du filtre. Dans le cas d'un circuit série ou bouchon (comme ici), la tension se mesure aux bornes du circuit.

Q 5 Référence : T4-3 Réponse : B

La courbe montre la tension (notée U) en fonction de la fréquence (notée F) 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 : $26 (dB) \div 10 = 2,6 [10x] = 398$ arrondi à 400

Ou, en écriture naturelle : $10 ^ (26 (dB) \div 10) = 398$ 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 : $800 (Rapport) [LOG] = 2,903 \times 10 = 29,03$ arrondi à 29

Ou, en écriture naturelle : $10 \times ([LOG] 800 (Rapport)) = 29,03$ 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 : $13 \text{ (dB)} \div 10 = 1,3 [10x] = 19,95$ arrondi à 20

Ou, en écriture naturelle : $10^{(13 \text{ (dB)} \div 10)} = 19,95$ 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 : $20 \text{ (dB)} \div 10 = 2,0 [10x] = 100$

Ou, en écriture naturelle : $10^{(20 \text{ (dB)} \div 10)} = 100$

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

- 138 -

Série n° 13

Thème : Chapitre Technique 4

Temps : 13 minutes

Q 1 Quel est le circuit "bouchon" ?

Q 2 Quel nom porte le circuit qui a ces caractéristiques ?

Atténuation

A

B

F

C

D

A : Circuit bouchon B : Filtre série

C : Filtre parallèle D : Filtre passe haut

Q 3 Quel est le circuit "Passe Haut" ?

Q 4 Quelle est la fréquence de résonance

de ce circuit ?

A

B

5 μ H

C

D

100 pF

A : 7,1 MHz B : 38 MHz

C : 710 kHz D : 3,8 MHz

Q 5

Q 6

Quelle est la fréquence de coupure de ce circuit ?

Quelle est l'atténuation de ce filtre ?

3 μ H

25 pF

1 μ H

50 pF

A : 120 kHz B : 144,5 MHz

A : 3 dB/octave B : 6 dB/octave

C : 18,4 MHz D : 1,325 MHz

C : 12 dB/octave D : 20 dB/octave

Q 7 Ce filtre a une fréquence de coupure de 14 MHz.

Q 8 A la fréquence de résonance, quelle sera

Pour une fréquence de 28 MHz, quelle sera

l'impédance aux bornes de ce filtre ?

l'atténuation de ce filtre ?

1 μ H

50 pF

A : 1,5 dB B : 12 dB

C : 6 dB D : 8 dB

A : 50 Ω B : 22,7 k Ω C : Infinie D : nulle

Q 9 Quel est le taux de sélectivité de ce filtre ?

Q 10 Quelle courbe caractérise le circuit Série ?

0 dB

Z

-3 dB

A

B

Z

F

F

-60 dB

Z

Z

3600 3650 3690 3700 3710 3750 3800

C

D

A : 10% B : 20 % C : 5% D : 1 %

F

F

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

- 139 -

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 calculette : $5 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C) = 500 \cdot 10^{-18} [\] = 22,36 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 140,5 \cdot 10^{-9} [1/x] = 7,12 \cdot 106$

converti en 7,12 M, arrondi en 7,1 M

formule simplifiée : $F(\text{MHz}) = 159 / \sqrt{(L \text{ en } \mu\text{H}) \times 100 (C \text{ en pF})} = 7,098$ arrondi à 7,1 MHz en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [\]) (5 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C)) = 7,12 \cdot 106$ 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 calculette : $3 \cdot 10^{-6} (L) \times 25 \cdot 10^{-12} (C) = 75 \cdot 10^{-18} [\] = 8,660 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 54,41 \cdot 10^{-9} [1/x] = 18,38 \cdot 106$

converti en 18,38 M, arrondi en 18,4 M

formule simplifiée : $F(\text{MHz}) = 159 / \sqrt{(3 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 25 (C \text{ en pF}))} = 18,36$ arrondi à 18,4 MHz en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [\]) (3 \cdot 10^{-6} (L) \times 25 \cdot 10^{-12} (C)) = 1,838 \cdot 107$ 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.

- 140 -

Série n° 14

Thème : Chapitre Technique 5 et 6

Temps : 12 minutes

Q 1

Q 2 Quel montage permet-il de redresser le

Quelle est l'affirmation fausse ?

courant alternatif?

A

+

A : Dans les diodes, le courant passe dans le sens P->N

B

B : Dans le sens passant de la diode, la cathode

+

est reliée au +

C

+

C : La chute de tension dans une diode Silicium est

entre 0,6 et 0,7 V dans le sens passant

D

+

D : Dans une diode, il y a une anode et une cathode

Q 3 Quel est le transistor alimenté correctement ?

Q 4

Quel est le courant collecteur ?

+

A

B

+

Ic = ?

++

++

++

++

$\beta = 150$

C

D

1 mA

+

+

A : 150 mA B : 1,5 A C : 225 mA D : 6,67 mA

Q 5 Quel est le courant de base ?

Q 6

$I_c = 18 \text{ mA}$

Quel est le courant de base ?

$\beta = 100$

$I_b = ?$

$\beta = 90$

$I_e = 101 \text{ mA}$

A : 5 A B : 1,62 A C : 2 mA D : 200 μA

A : 150 mA B : 1 mA C : 225 mA D : 6,67 mA

Q 7

Q 8 Quelle est l'affirmation fausse ?

$I_c = ?$

$I_b = 0,5 \text{ mA}$

A : I_c est directement fonction de I_b

B : L'émetteur d'un PNP est relié au -

C : La flèche du transistor est dirigée vers le -

$I_e = 48 \text{ mA}$

D : un transistor est composé de deux diodes

A : 47,5 mA B : 48,5 mA C : 96 mA D : 100 mA

montées tête bêche

Q 9 Dans le montage en émetteur commun :

Q 10 Quelle est l'affirmation fausse ?

A : le gain en intensité est nul

A : En collecteur commun, gain en intensité nul

B : L'impédance d'entrée est moyenne

B : En base commune, Z sortie très élevée

C : L'impédance de sortie est basse

C : En émetteur commun, gain en intensité = β

D : Il n'y a pas de déphasage entre l'entrée et la sortie

D : En base commune, gain en intensité = $\beta/(\beta+1)$

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

- 141 -

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

$$I_c = \beta \times I_b, \text{ donc } I_b = I_c / \beta = 18 \text{ mA} / 90 = 0,2 \text{ mA} = 200 \mu\text{A}$$

Sur une calculatrice : $18.10^{-3} (I_c) = 1,8.10^{-2} \div 90 = 2.10^{-4}$ converti en 200μ

Q 6 Référence : T6-2 Réponse : B

$$I_e = I_b \times (\beta + 1), \text{ donc } I_b = I_e / (\beta + 1) = 101 \text{ mA} / 101 = 1 \text{ mA}$$

Q 7 Référence : T6-2 Réponse : A

$$I_e = I_b + I_c, \text{ donc } I_c = I_e - I_b = 48 \text{ mA} - 0,5 \text{ mA} = 47,5 \text{ mA}$$

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 $\beta + 1$

- 142 -

Série n° 15

Thème : Chapitre Technique 7

Temps : 15 minutes

Q 1

+

Q 2

Quel nom donne-t-on à R ? +

Quelle est la classe de cet amplificateur ?

R

Sortie

S

Entrée

+

E

A : Contre-Résistance

A : classe A

B : Résistance d'alimentation

B : classe B

C : Résistance de charge

C : classe AB

D : Résistance de liaison

D : classe C

Q 3 Quel est le taux de distorsion harmonique

Q 4

de l'harmonique 2 ?

Quelle est l'affirmation fausse ?

Ampli RF

10 V

5 V

A : le rendement de la classe A peut

2 V

atteindre 50 %

B : la classe B nécessite deux transistors

7 MHz

7 14 21 MHz

C : la classe C est surtout utilisée en AM

A : 5% B : 70%

D : en classe C, le rendement peut

C : 15% D : 50%

dépasser 80 %

Q 5

Q 6

Une liaison entre deux étages d'amplification

Quel est le nom de l'étage marqué "?" dans

par transformateur :

ce synthétiseur à bouclage de phase (PLL) ?

VCO

?

A : ne fonctionne qu'en courant continu

VXO

Q

Filtre

Φ

B : permet d'adapter les impédances des circuits

C : est le montage le plus utilisé

A : comparateur de phase C : Diviseur

D : ne permet pas le passage de puissance élevée

B : oscillateur de référence D : Microprocesseur

Q 7 Quel est le nom de l'étage marqué "?" dans ce

Q 8 Un mélangeur :

synthétiseur de type DDS ?

A : additionne les tensions d'entrée

Microprocesseur

B : multiplie les tensions d'entrée

?

Filtre

HF

C : est un amplificateur linéaire

A : Comparateur de phase B : Convertisseur D/A

D : est monté autour d'un FET à une porte

C : Verrouillage de phase D : Échantillonneur

Q 9

Q 10

A l'entrée d'un mélangeur, on trouve deux fréquences

A la sortie d'un mélangeur, on trouve deux

8 et 12 MHz, quelles fréquences trouve-t-on à la sortie ?

fréquences : 10 et 18 MHz, quelles sont les

fréquences d'entrée ?

A : 8 et 20 MHz C : 4 et 20 MHz

A : 8 et 28 MHz C : 8 et 10 MHz

B : 12 et 20 MHz D : 20 MHz seulement

B : 4 et 14 MHz D : 20 et 2 MHz

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

- 143 -

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

$$= (\text{Tension harmonique} / \text{Tension désirée}) \times 100 = (5 / 10) \times 100 = 50\%$$

En revanche, le taux de distorsion harmonique total (TDHt, calcul qui, à mon opinion, n'est pas au programme de l'examen) est fonction de la tension harmonique totale $= \sqrt{(UF2^2 + UF3^2)} = \sqrt{(5^2 + 2^2)} = \sqrt{29}$

$$= 5,4 ; TDHt = 5,4 / 10 = 54\%$$

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

$$8 \text{ et } 12 \text{ MHz} \Rightarrow 8 + 12 = 20 \text{ MHz et } 8 - 12 \text{ (ou } 12 - 8) = 4 \text{ MHz}$$

Q 10 Référence : T7-7 Réponse : B

$$\text{Appelons } F_{\max} = 18 \text{ MHz et } F_{\min} = 10 \text{ MHz}$$

$$F1 = (F_{\max} - F_{\min}) / 2 = (18 - 10) / 2 = 8 / 2 = 4 \text{ MHz}$$

$$F2 = F_{\max} - F1 = 18 - 4 = 14 \text{ MHz}$$

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)

- 144 -

Série n° 16

Thème : Chapitre Technique 8 et 4

Temps : 19 minutes

Q 1

Q 2

Dans un amplificateur opérationnel,

Quel est le gain en tension de ce montage ?

E

10 k

10 k

S

-

A : l'impédance d'entrée est infinie

δ

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

A : -1 B : -2 C : -10 D : -100

Q 3 Quel est le gain de ce montage ?

Q 4 Quel est le gain de ce montage ?

E

100

500

S

S

E

-

1,5 k

500

δ

-

+

δ

+

A : +5 B : -5

A : -1/4 B : -1/3 C : -2 D : -3

C : +0,2 D : -0,2

Q 5 Pour obtenir un gain en tension de -5,

Q 6 Pour obtenir un gain en tension de -3

quelle résistance R doit-on mettre ?

quelle résistance R doit-on mettre ?

E

5 k

R = ?

S

E

R = ?

20 k

S

-

-

δ

+

δ

+

A : 5 k Ω B : 1k Ω C : 25 k Ω D : 125 k Ω

A : 23 k Ω B : 60 k Ω C : 30 k Ω D : 6,6 k Ω

Q 7 Quel est le circuit logique possédant cette table

Q 8 Quelle est l'impédance à la résonance de

de vérité ?

ce circuit ?

Entrées Sortie

20 Ω

16 μ H

1 1 1

0 1 0

Z = ?

100 pF

1 0 0

0 0 0

A : OU B : ET C : NON ET D : OU Exclusif

A : 30 Ω B : 8 k Ω C : 80 k Ω D : infinie

Q 9 Quel est le facteur Q de ce circuit à la résonance ?

Q 10 Quelle est la bande passante à -3 dB

de ce circuit ?

20 Ω

10 Ω

15 μ H

16 μ H

150 pF

Q = ?

100 pF

A : 1.000 B : 31,6 C : 225 D : 15

A : 5 kHz B : 800 Hz C : 200 kHz D : 2 kHz

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

- 145 -

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

$$G = -R2/R1 = -10/10 = -1$$

Q 3 Référence : T8-2 Réponse : B

$$G = -R2/R1 = -500/100 = -5$$

Q 4 Référence : T8-2 Réponse : B

$$G = -R2/R1 = -500/1,5 k = -500/1500 = -1/3$$

Q 5 Référence : T8-2 Réponse : C

$$G = -R2/R1 \text{ donc } R2 = -(G \times R1) = -(-5 \times 5000) = 25000 = 25 \text{ k}\Omega$$

Q 6 Référence : T8-2 Réponse : D

$$G = -R2/R1 \text{ donc } R1 = -R2/G = -20 k/-3 = 20000/3 = 6666 \Omega = 6,6 \text{ k}\Omega$$

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

$$Z(\text{k}\Omega) = L(\mu\text{H})/(R(\text{k}\Omega) \cdot C(\text{pF})) = 16 / (0,02 \times 100) = 16 / 2 = 8 \text{ k}\Omega$$

Sur une calculatrice : $Z = 16 \cdot 10^{-6} (L) \div 100 \cdot 10^{-12} (C) = 160 \cdot 10^3 \div 20 (R) = 8 \cdot 10^3$ converti en 8 k 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

$$Q = \sqrt{L/C}/R = \sqrt{(15 \cdot 10^{-6} / 150 \cdot 10^{-12})} / 10 = \sqrt{0,1 \cdot 10^{-6}} / 10 = 0,316 \cdot 10^3 / 10 = 316 / 10 = 31,6$$

$$\text{Formule simplifiée : } Q = \sqrt{L(\mu \text{ H})/(C(\text{pF}))}/R(\text{k}\Omega) = \sqrt{(15/150)/0,01} = \sqrt{(0,1)/0,01} = 0,316/0,01 = 31,6$$

Q 10 Référence : T4-4 Réponse : C

$$\text{Fréquence de résonance du circuit : } F_0(\text{MHz}) = 159 / (\sqrt{L(\mu\text{H}) \cdot C(\text{pF})}) = 159 / \sqrt{(16 \times 100)} = 159 / 40$$

$$= 3,975 \text{ MHz}$$

$$Q = \sqrt{L/C}/R = \sqrt{(16 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^{-12})} / 20 = \sqrt{0,16 \cdot 10^{-6}} / 20 = 0,4 \cdot 10^3 / 20 = 400 / 20 = 20$$

Bande passante à -3 dB = $F_0 / Q = 3,975 \text{ MHz} / 20 = 3.975 \text{ kHz} / 20 \approx 200 \text{ kHz}$ (arrondi) Sur une calculatrice, calcul de F_0 : $16 \cdot 10^{-6} (L) \times 100 \cdot 10^{-12} (C) = 1,6 \cdot 10^{-15} [\text{H}] = 40 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi]$

$$= 251,3 \cdot 10^{-9} [1/\text{s}] = 3,978 \cdot 10^6$$

formule simplifiée : $F \text{ (MHz)} = 159 / (\sqrt{16 \text{ (L en } \mu\text{H)}} \times 100 \text{ (C en pF)}) = 3,975 \text{ M}$

ou, en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [\sqrt{\quad}]) (16.10^{-6} \text{ (L)} \times 100.10^{-12} \text{ (C)}) = 3,978.106$

Formule simplifiée : $Q = \sqrt{L(\mu\text{H}) / (C(\text{pF}) / R(\text{k}\Omega))} = \sqrt{(16 / 100) / 0,02} = \sqrt{(0,16) / 0,02} = 0,4 / 0,02 = 20$

- 146 -

Série n° 17

Thème : Chapitre Technique 9

Temps : 8 minutes

Q 1

Q 2

Dans un dipôle, aux extrémités, on a:

Quelle est la longueur totale d'un dipôle

fonctionnant sur 15 MHz ?

A : U max et I max

B : U nul et I nul

A : 20 m B : 15 m

C : U max et I nul

D : U nul et I max

C : 10 m D : 5 m

Q 3

Q 4

Quelle est la longueur du brin d'un

Quelle est l'impédance au point

dipôle fonctionnant pour une longueur

d'alimentation de ce dipôle ?

d'onde de 20 mètres ?

Z = ?

A : 5 m B : 15 m C : 10 m D : 20 m

A : 36 Ω B : 50 Ω C : 52 Ω D : 73 Ω

Q 5

Q 6

A la base du brin de ce quart d'onde, on a:

Quelle est l'impédance de ce quart d'onde ?

A : U max et I nul

A : 36 Ω

?

Z = ?

B : U max et I max

B : 50 Ω

C : U nul et I max

C : 52 Ω

D : U nul et I nul

D : 73 Ω

Q 7

Q 8

Quelle est l'impédance de ce quart d'onde?

Quel est le gain d'un dipôle par rapport

à l'antenne "isotrope" ?

A : 36 Ω

Z = ?

B : 50 Ω

A : pas de gain B : -3 dB

120°

C : 52 Ω

D : 73 Ω

C : 3 dB D : 2,14 dB

Q 9

Q 10

Sur quelle fréquence est taillé ce

Sur quelle fréquence est taillé ce dipôle ?

quart d'onde ?

18 m

3,10 m

A : 48 MHz

B : 24,2 MHz

C : 12,1 MHz

A : 18 MHz B : 16,66 MHz

D : 6,1 MHz

C : 8,33 MHz D : 4,16 MHz

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

- 147 -

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)

- 148 -

Série n° 18

Thème : Chapitre Technique 9 et 10

Temps : 8 minutes

Q 1

Q 2

A quelles fréquences correspondent les

A quelles longueurs d'onde correspondent

"ondes métriques" ?

les "ondes hectométriques" ?

A : 300 kHz à 3 MHz B : 3 à 30 MHz

A : 1 à 10 km B : 100 à 1000 m

C : 30 à 300 MHz D : 300 MHz à 3 GHz

C : 10 à 100 m D : 1 à 10 m

Q 3

Q 4

Quel est le mode de propagation principal des

Une fréquence de 50 MHz est classée

ondes hectométriques dans la journée ?

comme une :

A : onde hectométrique

A : ondes directes B : ondes stationnaires

B : onde décamétrique

C : onde métrique

C : ondes réfléchies D : ondes de sol

D : onde décimétrique

Q 5

Q 6

La propagation par ondes de sol n'est pas

Quelle est la longueur d'onde d'un signal

le mode de propagation principal des ondes :

de 10 MHz ?

A : kilométriques B : hectométriques

A : 3 m B : 10 m

C : décamétriques D : myriamétriques

C : 30 m D : 33 cm

Q 7

Q 8

Quelle est la fréquence d'un signal dont la

L'impédance d'un câble coaxial est fonction :

longueur d'onde est 69 cm ?

A : de la fréquence utilisée

A : 4,35 MHz B : 23 MHz

B : de la longueur du câble

C : de la modulation appliquée

C : 43,5 MHz D : 435 MHz

D : du rapport entre les diamètres de l'âme

et de la tresse

Q 9

Q 10

La vitesse du câble :

Soit un câble ayant une perte caractéristique

de 3dB pour 100 mètres, quelle sera la perte

A : est fonction de la perte du câble

pour 33 mètres?

B : est constante pour toutes les fréquences

A : 10 % B : 1 dB

C : est toujours supérieure à 100 %

C : 9 dB D : 1,5 dB

D : est fonction de la fréquence utilisée

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

- 149 -

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). Au-delà de 2 MHz, les distances couvertes sont faibles.

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)

- 150 -

Série n° 19

Thème : Chapitre Technique 9 et 10

Temps : 13 minutes

Q 1

Q 2

Quel est le ROS à l'entrée du câble ?

Doublet

$Z = 50\ \Omega$

$Z = 33\ \Omega$

$Z_{\text{câble}} = 50\ \Omega$

$Z_{\text{câble}} = 50\ \Omega$

ROS = ?

A : 1/1 B : 1,5/1 C : 2/1 D : 2,5/1

A : 2,5/1 B : 2/1 C : 1,46/1 D : 1/1

Q 3

Q 4

$\lambda / 4$

$\lambda / 2$

$Z_e = 50 \Omega$

$Z_s = 112,5 \Omega$

$Z_e = 50 \Omega$

$Z_s = ?$

$Z_c = ?$

$Z_c = 75 \Omega$

A : 162,5 Ω B : 75 Ω C : 62,5 Ω D : 81,25 Ω

A : infini B : 75 Ω C : 50 Ω D : 112,5 Ω

Q 5 Quel est le ROS à l'entrée du câble ?

Q 6 Le gain d'une antenne :

A : est fonction de son impédance

$Z = 50 \Omega$

$Z = 150 \Omega$

B : se calcule en dBd par rapport au dipôle

$Z_{\text{câble}} = 50 \Omega$

C : se calcule en P.A.R.

A : 16,66 B : 6 C : 1/3 D : 3/1

D : détermine son angle d'ouverture

Q 7 Un émetteur délivre 100 Watts dans une

Q 8 Une station a une puissance apparente

antenne ayant 10 dBd de gain, quelle la

rayonnée de 200 W, l'antenne a un gain

puissance apparente rayonnée de la station ?

de 13 dBd, quelle est la puissance délivrée

par l'émetteur ?

A : 10 W B : 110 W

A : 20 W B : 10 W

C : 500 W D : 1 kW

C : 40 W D : 4 kW

Q 9 Une station a une P.A.R. de 600 W, la

Q 10 Quelle est l'affirmation fausse ?

puissance de l'émetteur est de 15 W, quel

est le gain de l'antenne (en dBd) ?

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

A : 60 dB B : 40 dB

C : l'antenne isotrope n'existe pas : c'est une

antenne idéale

C : 18 dB D : 16 dB

D : dans une antenne Yagi, les éléments

directeurs sont plus longs

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

- 151 -

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

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

$$10 \text{ dB} = 1 \times 10 = 10$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 10 \text{ (dB)} \div 10 = 1 \text{ [10x]} = 10$$

$$\text{Ou, en écriture naturelle : } 10 \wedge (10 \text{ (dB)} \div 10) = 10$$

$$100 \text{ W} \times 10 = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

Q 8 Référence : T9-8 Réponse : B

$$13 \text{ dB} = 2 \times 10 = 20$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 13 \text{ (dB)} \div 10 = 1,3 \text{ [10x]} = 19,95 \text{ arrondi à } 20$$

$$\text{Ou, en écriture naturelle : } 10 \wedge (13 \text{ (dB)} \div 10) = 19,95 \text{ arrondi à } 20$$

$$\text{PAR} = P \times \text{rapport donc } P = \text{PAR} / \text{rapport} = 200 \text{ W} / 20 = 10 \text{ W}$$

Q 9 Référence : T9-8 Réponse : D

$PAR = P \times \text{rapport}$ donc $\text{rapport} = PAR / P$

$600 W / 15 W = 40$

$40 = 10 \times 4 = 16 \text{ dB}$

Sur une calculatrice : $40 (\text{rapport}) [\text{LOG}] = 1,602 \times 10 = 16,02$ arrondi à 16

Ou, en écriture naturelle : $10 \times [\text{LOG}] 40 (\text{Rapport}) = 16,02$ 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.

- 152 -

Série n° 20

Thème : Chapitre Technique 11

Temps : 8 minutes

Q 1 Comment se nomme un tel récepteur ?

Q 2 Quelle est la particularité

de ce récepteur ?

RF1

RF2

Démod

AF

RF1

RF2

Démod

AF

A : Récepteur supradyné B : Récepteur infradyne

A : il ne reçoit qu'une fréquence

B : il ne reçoit que la FM

C : Récepteur sans conversion D : Récepteur à PLL

C : il ne reçoit que l'AM

D : il peut avoir des problèmes liés à la fréquence

image

Q 3 Quel est le nom de l'étage marqué "?"

Q 4 Quelle est l'affirmation fautive ?

A : le mélangeur est un multiplicateur de tension

RF

Mél

?

Démod

AF

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

OL

$F_1 + F_2$ et $F_1 - F_2$

A : Fréquence Image B : Fréquence Intermédiaire

D : l'oscillateur local est calé sur la fréquence à

C : Filtre à quartz D : Démodulateur

recevoir

Q 5 Quelle est la fonction de l'étage marqué "?"

Q 6 Quelle peut être la fréquence du VFO ?

18 MHz

?

Mél

FI

Démod

AF

RF

Mél

FI

Démod

AF

9 MHz

OL

VFO

A : Filtrer le signal d'entrée B : Mélanger OL et HF

C : amplifier la puissance D : Démoduler le signal HF

A : 18 MHz B : 2 MHz C : 9 MHz D : 30 MHz

Q 7 Quelle sera la fréquence image ?

Q 8 Quelle peut être la fréquence de la FI ?

15 MHz

23 MHz

RF

Mél

FI

Démod

AF

RF

Mél

FI

Démod

AF

10 MHz

FI = ? MHz

8 MHz

OL 5 MHz

OL

A : 5 MHz B : 10 MHz C : 15 MHz D : 20 MHz

A : 8 MHz B : 23 MHz C : 15 MHz D : 18 MHz

Q 9 Quel est le nom de l'étage marqué "?"

Q 10 Quelle est l'affirmation fausse ?

AF

Mod

?

PA

Filtre Pi

A : le filtre en Pi élimine les rayonnements non essentiels

B : un émetteur se lit de l'antenne vers le micro

VFO

C : un récepteur se lit de l'antenne vers le HP

D : l'émetteur est équipé obligatoirement d'un

A : modulateur B : mélangeur

filtre anti-harmonique

C : filtre anti-harmonique D : Ampli de puissance

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

- 153 -

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 supradynne : 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 $F_{im} = HF - 2.FO$

$F_{im} = 15 - (2 \times 5) = 15 - 10 = 5 \text{ MHz}$

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 « modulateur », « ampli de puissance » et « filtre anti-harmonique » sont déjà représentés sur le synoptique par les mots ou abréviations « Mod », « 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

- 154 -

Série n° 21

Thème : Chapitre Technique 12

Temps : 8 minutes

Q 1 Quel est ce type de modulation ?

Q 2 Quel est ce type de modulation ?

t

t

A : AM B : FM C : BLU D : CW

A : A1A B : F3E C : A3E D : J3E

Q 3 Quel est ce type de modulation ?

Q 4 Quel le type de modulation ?

Fq

A : BLS B : BLI C : CW D : AM

A : A1A B : G3E C : A3E D : J3E

Q 5 Un démodulateur FM s'appelle :

Q 6 Ce récepteur peut recevoir :

A : une détection

RF

Mél

FI

Discriminateur

AF

B : un détecteur de produit

VFO

C : un oscillateur de battement de fréquence

D : un discriminateur

A : l'AM B : la FM C : la BLU D : la CW

Q 7 Un récepteur équipé d'un détecteur de produit

Q 8 Une détection permet de démoduler

et d'un BFO permet de recevoir :

A : la modulation d'amplitude

A : la modulation d'amplitude

B : la modulation de fréquence

B : la modulation de phase

C : la modulation de phase

C : la bande latérale unique

D : la bande latérale unique

D : la classe A1A

Q 9 Quelle classe d'émission permet de générer ce

Q 10 Quelle classe d'émission permet de

modulateur ?

générer ce modulateur ?

AF

Mélangeur

Filtre à

FI

AF

Mélangeur

FI

Équilibré

Quartz

Oscillateur Local

Oscillateur Local

A : AM B : FM C : BLU D : CW

A : AM B : FM C : BLU D : CW

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

- 155 -

Réponses Série 21

Q 1 Référence : T12-1 Réponse : D

Attention, la CW pourra être représentée ainsi :

t

La partie grisée représente la HF et correspond aux lettres K et T

Q 2 Référence : T12-1 Réponse : B

FM correspond à la classe d'émission F3E (voir R1-2)

Attention, le signal FM 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

t

comme ci-contre :

Q 3 Référence : T12-1 Réponse : A

Attention, la BLS pourra être représentée ainsi :

Fq

La partie grisée représente la HF

Q 4 Référence : T12-1 Réponse : C

Attention, l'AM pourra être représentée ainsi :

t

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

- 156 -

Deuxième section

Progression

- 157 -

- 158 -

Série n° 22

Thème : Progression 1 - Technique 1

Temps : 13 minutes

Q 1

Q 2

Rouge

Vert

Jaune

Orange - Blanc - Noir

A = 47 Ω B = 4500 Ω C = 5800 Ω D = 360 Ω

A = 39 Ω B = 36 Ω C = 390 Ω D = 360 Ω

Q 3

Q 4

R = ?

1 k Ω

75 mA

10 mA

15 V

U = ?

A = 10 V B = 0,1 V C = 1 V D = 100 V

A = 500 Ω B = 20 Ω C = 113 Ω D = 200 Ω

Q 5

Q 6

50

500 Ω

Ω

I = ?

10 V

P = ?

45 V

A = 22,5 mA B = 11,12 A C = 90 mA D = 0,9 A

A = 2 W B = 500 W C = 5 W D = 20 W

Q 7

Q 8

10 Ω

75 Ω

150 Ω

U = ?

3 A

R = ?

15 V

U = 10 V

A = 30 V B = 7,5V C = 10 V D = 5 V

A = 5 Ω B = 10 Ω C = 20 Ω D = 30 Ω

Q 9

Q 10

Marron - Noir - Rouge Vert - Noir - Marron

1000 Ω

5 mA

U = ?

Ω

Ω

5 V

0

0

0

0

0

0

2

U = ?

3

A = 15 V B = 20 V C = 17 V D = 24 V

A = 12,5 V B = 15 V C = 27,5 V D = infini

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)

$$\text{Blanc 9) } 39 \times 10^0 = 39 \times 1 = 39 \Omega$$

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 calculette : $1.103 (R) \times 10.10^{-3} (I) = 10.100$ 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 calculette : $15 (U) \div 75.10^{-3} (I) = 200.100$ 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 calculette : $45 (U) \div 500 (R) = 90.10^{-3}$ 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

R1 = résistance de 10 Ω ; R2 = résistance à calculer

$$I_{R1} = U_{R1} / R1 = U_T / R1 = 10 \text{ V} / 10 \Omega = 1 \text{ A}$$

$$I_{R2} = I_T - I_{R1} = 3 - 1 = 2 \text{ A}$$

$$R2 = U_{R2} / I_{R2} = U_T / I_{R2} = 10 / 2 = 5 \Omega$$

Q 9 Référence : T1-5 et T1-6 Réponse : A

Marron 1)

Vert

5)

Noir

0) 10 00 = R1

Noir

0) 50 0 = R2 $R_T = R_1 + R_2 = 1000 + 500 = 1500$

Rouge 2)

Marron 1)

$I_{R2} = U_{R2} / R_2 = 5/500 = 0,01 \text{ A}$; $U = R_T \times I_{R2} = 1500 \times 0,01 = 15 \text{ V}$

Ou, plus empirique : la tension est proportionnelle aux résistances. Aux bornes de R1, on a 10 V, donc aux bornes de R2 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 = $12,5 \text{ V} + 15 \text{ V} = 27,5 \text{ V}$

- 160 -

Série n° 23

Thème : Progression 2 - Technique 2

Temps : 15 minutes

Q 1 Quelle est la pulsation d'un signal de 20 MHz ?

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 ?

A : 125,6 rad/s B : 1.256.000 rad/s

A : 212 mV max B : 0,015 V max

C : 125.600.000 rad/s D : 12.560.000 rad/s

C : 0,106 V max D : 0,15 V max

Q 3 Quelle est la tension crête à crête ?

Q 4 Quelle est l'impédance de la capacité ?

12 V

U_{eff}

$F = 2 \text{ MHz}$

0 V

5 nF

A : 62,8 Ω B : 1,59 k Ω C : 10 Ω D : 15,9 Ω

A : 30 V càc B : 34 V càc C : 17 V càc D : 24 V càc

Q 5

Q 6

Une bobine a une valeur de 50 μH . Si on diminue

3 A_{eff}

R

de moitié le nombre de ses spires, la valeur

7 V_{max}

$P = ?$

de la bobine devient :

A : 6,25 μH B : 12,5 μH C : 50 μH D : 100 μH

A : 2,33 W B : 10,6 W C : 15 W D : 21 W

Q 7

Q 8

Quelle est la valeur de la résistance ?

Quelle est la valeur de la résistance

équivalente?

12 Ω

Marron

8 Ω

Bleu

Gris

0,2 Ω

A : 760 Ω B : 950 Ω C : 86 Ω D : 860 Ω

A : 0,192 Ω B : 4,8 Ω C : 0,141 Ω D : 5 Ω

Q 9

Q 10

75 Ω

300 Ω

I = ?

75 Ω

175 Ω

25 V

25 V

U = ?

A : 20 V B : 10 V C : 5 V D : 22 V

A : 250 mA B : 133 mA C : 100 mA D : 1 A

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

- 161 -

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 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 : $2.106 (F) \times 5.10^{-9} (C) = 10.10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 62,83.10^{-3} = 15,91.100$ 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 : $1 \div (2 \times [\pi] \times 2.106 (F) \times 5.10^{-9} (C)) = 15,91.100$ 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 ; 860 Ω

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 calculatrice : $1 \div (1 \div 12 (R1) + 1 \div 8 (R2) + 1 \div 0,2 (R3)) = 192.10^{-3} = 0,192$

Q 9 Référence : T1-7 Réponse : A

$$RT = 75 + 300 = 375$$

$$UR1 = (UT \times R1) / RT = (25 \times 300) / 375 = 20 \text{ V}$$

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

$$RT = 75 + 175 = 250 \Omega$$

$$I = U/R = 25/250 = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

- 162 -

Série n° 24

Thème : Progression 3 - Réglementation 1

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

A quoi correspond la classe J7B ?

A quoi correspond la classe d'émission "Télégraphie

auditive avec sous porteuse modulante -

A : Télévision, modulation de phase

modulation de fréquence" ?

B : Téléphonie, modulation de fréquence

C : Télégraphie automatique, plusieurs voies

contenant de l'information numérique, BLU

A : A1A B : F1A C : F2A D : A1B

D : Transmission de données, modulation

de phase

Q 3

Q 4

Sur 144,525 MHz, l'émetteur doit avoir une précision Sur 29,5 MHz, l'excursion peut être de : de plus ou moins :

A : 12,5 kHz B : 25 kHz C : 144 kHz D : 14,5 kHz

A : ± 2 kHz B : ± 5 kHz

C : $\pm 7,5$ kHz D : ± 10 kHz

Q 5

Q 6

Les rayonnements non essentiels sur 144 MHz

2 k Ω

10 k Ω

et pour 20 W de dissipation doivent

24 V

être inférieurs à

U = ?

A : -40 dB B : -50 dB C : -60 dB D : -70 dB

A : 2 V B : 10 V C : 20 V D : 4 V

Q 7 Quelle est la fréquence de ce signal ?

Q 8

3 A

20 Ω

5 A

R = ?

6 μ s

A : 20 Ω B : 30 Ω C : 40 Ω D : 50 Ω

A : 1 MHz B : 4 MHz C : 500 kHz D : 833333 Hz

Q 9 Quelle est l'impédance de la bobine ?

Q 10 Quelle est la capacité équivalente ?

5 nF

Z = ?

3 μ H Fq = 4 MHz

10 nF

A : 75 Ω B : 12 Ω C : 50 Ω D : 13 Ω

A : 3,33 nF B : 15 nF C : 2 nF D : 0,3 nF

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

- 163 -

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 MHz = 144525

kHz ; 144525 / 10000 = 14,4525 kHz = 14,5 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 : A

en deçà de 30 MHz, l'excursion pour toutes les classes d'émission est au maximum de +/- 3 kHz. Une excursion de +/- 2 kHz est donc autorisée.

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 => $Fq = 1/t = 1/0,000\ 002 = 500\ 000 \text{ Hz} = 500 \text{ kHz}$ *Sur une calculette : 6.10^{-6} (durée du signal) ÷ 3 = 2.10^{-6} [1/x] = 500.103 converti en 500 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 : 4.106 (F) \times 3.10^{-6} (L) = $12.100 \times 2 \times [\pi]$ = 75,40.100 converti en 75,40 arrondi à 75

Formule simplifiée : Z (Ω) = $6,28 \times 4$ (F en MHz) \times 3 (L en μH) = 75,36 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 : $1 \div (1 \div 10$ (C1) $+ 1 \div 5$ (C2)) = 3,33

- 164 -

Série n° 25

Thème : Progression 4 - Technique 4

Temps : 13 minutes

Q 1 Quelle est la fréquence de coupure

Q 2 Quel est le gain de cet amplificateur ?

de ce circuit ?

10 k Ω

16 dB

10 nF

A : 159 Hz B : 1 kHz C : 1590 Hz D : 100 Hz

A : 16 B : 40 C : 20 D : 600000

Q 3 Quelle est la puissance de sortie ?

Q 4 Quelle est la fréquence de résonance ?

3 W

13 dB

P = ?

64 μH

400 pF

A : 625 kHz B : 1,6 MHz

A : 39 W B : 6 W C : 60 W D : 4,33 W

C : 159 MHz D : 1 MHz

Q 5 Comment appelle-t-on ce filtre ?

Q 6

Quelle est la classe d'émission

correspondant à "Télévision,

Modulation de Phase" ?

A : Bouchon B : Passe bas

C : Passe bande D : Passe haut

A : F3G B : P3F C : G3F D : A3E

Q 7

Q 8

Quelle est la capacité équivalente ?

Quelle est la valeur de la résistance ?

0,01 nF

25 pF

Orange - Violet - Noir

A : 135 pF B : 35 pF C : 25,01 pF D : 7.1 pF

A : 350 Ω B : 370 Ω C : 37 Ω D : 35 Ω

Q 9

Q 10

500 mA

R

Soit un fil de 1 mètre de long et de 1 mm²

de section. Quelle sera la résistance du fil

12 V

P = ?

si on double sa section ?

A : 6 W B : 24 W C : 42 mW D : 288 W

A : x2 B : x4 C : /2 D : /4

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

- 165 -

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 : $10.103 (R) \times 10.10^{-9} (C) = 100.10^{-6} \times 2 \times [\pi] = 628,32.10^{-6} [1/x] = 1,591.103$

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 : $1 \div (2 \times [\pi] \times 10.103 (R) \times 10.10^{-9} (C)) = 1,591.103$ converti en 1,591 k soit 1591

arrondi à 1590

Q 2 Référence : T4-1 Réponse : B

16 dB

4) 40

x10)

Sur une calculatrice : $16 \text{ (dB)} \div 10 = 1,6 [10x] = 39,81$ arrondi à 40

Ou, en écriture naturelle : $10^{(16 \text{ (dB)} \div 10)} = 39,81$ arrondi à 40

Q 3 Référence : T4-1 Réponse : C

13 dB

2) 20

x10)

Sur une calculatrice : $13 \text{ (dB)} \div 10 = 1,3 [10x] = 19,95$ arrondi à 20

Ou, en écriture naturelle : $10^{(13 \text{ (dB)} \div 10)} = 19,95$ arrondi à 20

3 W x 20 = 60 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 calculatrice : $64.10^{-6} \text{ (L)} \times 400.10^{-12} \text{ (C)} = 25,6.10^{-15} [\sqrt{\quad}] = 160.10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 1,005.10^{-6} [1/x]$

= 994,7.103 converti en 995 k, soit 0,995 M arrondi à 1 M

formule simplifiée : $F \text{ (MHz)} = 159 \div \sqrt{(64 \text{ (L en } \mu\text{H)}) \times 400 \text{ (C en pF)}} = 0,994$ arrondi à 1 M

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times \sqrt{\quad}) (64.10^{-6} \text{ (L)} \times 400.10^{-12} \text{ (C)}) = 994,7.103$ 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 nF = 10 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 mA = 0,5 A

$P = U \times I = 12 \times 0,5 = 6 \text{ W}$

Q 10 Référence : T1-4 Réponse : C

$R = \rho \times L / s$

Série n° 26

Thème : Progression 5 - Réglementation 2

Temps : 12 minutes

Q 1

Q 2

Quelle est la bande partagée avec statut secondaire ?

Le seuil de susceptibilité d'un récepteur est atteint lorsque :

A : les découplages des circuits d'alimentation

sont saturés

B : les perturbations dépassent le niveau

d'immunité

A : 30 m B : 15 m C : 10 m D : 2 m

C : le circuit d'entrée est saturé

D : le durcissement n'a plus aucun effet

Q 3

Q 4

La bande 144-146 MHz :

Émettre dans la bande 430-434 MHz :

A : est réservée en exclusivité aux radioamateurs

A : n'est pas réservé en exclusivité aux

radioamateurs

B : est une bande partagée à égalités de droits

B : est possible en Guyane et aux Antilles

C : est une bande partagée à statut secondaire

C : est autorisé pour les stations de classe 3

D : est protégée pour certains services

D : est possible pour le trafic satellite

Q 5

Q 6 Quel est le filtre passe bande ?

Quel type de perturbation est rayonné ?

une perturbation véhiculée par :

B

A

A : le secteur

B : l'antenne

C : le câble coaxial

D

D : le câble du haut-parleur

C

Q 7

Q 8

Quelle est l'atténuation de ce filtre ?

(à partir de la fréquence de coupure du circuit)

Quel est le temps de charge du condensateur

(plus de 99% de la tension d'alimentation) ?

25 μ F

10 k Ω

A : 6 dB/Octave B : 12 dB/octave

A : 1,25 seconde B : 2,5 minutes

C : 3 dB/octave D : 6 dB/décade

C : cela dépend de la tension

D : 2,5 μ secondes

Q 9

Q 10

Quelle est l'intensité parcourant la bobine ?

I = 1,4 Amax

R = ?

Fq = 80 MHz

7 Veff

2 μ H

5 Veff

A : 31 mA B : 3 A C : 5 mA D : 25 A

A : 20 Ω B : 5 Ω C : 7 Ω D : 10 Ω

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

- 167 -

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 calculette : $10.103 (R) \times 25.10^{-6} (C) = 250.10^{-3} \times 5 = 1,25.100 = 1,25$

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

$$Z_L = 6,28 \times L(\mu H) \times F(MHz) = 6,28 \times 2 \times 80 = 1005 \Omega \text{ arrondi à } 1 \text{ k}\Omega$$

$$I = U/R = U/Z = 5/1000 = 5 \text{ mA}$$

Sur une calculette : calcul de $Z_L : 2.10^{-6} (L) \times 80.106 (F) = 160.100 \times 2 \times [\pi] = 1,005.103$

Calcul de $I : 1,005.103 (Z_L) [1/x] = 994,7.10^{-6} \times 5 (U) = 4,973.10^{-3}$ converti en 4,973 mA arrondi à 5 mA

Formule simplifiée : calcul de $Z_L : Z (\Omega) = 6,28 \times 80 (F \text{ en } MHz) \times 2 (L \text{ en } \mu H) = 1004,8$ arrondi à 1000

Calcul de $I : I = U/R = 5 / 1000 = 0,005 = 5 \text{ mA}$

Q 10 Référence : T2-2 Réponse : C

$$I_{eff} = 0,707 \times I_{max} = 0,707 \times 1,4 \text{ A}_{max} = 1 \text{ A}_{eff}$$

$$R = U/I = 7V/1A = 7 \Omega$$

- 168 -

Série n° 27

Thème : Progression 6 - Technique 3

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2 Quelle est l'intensité au secondaire du

transformateur ?

15 V

30 V

U = ?

30 Ω

75 spires 25 spires

100 spires 50 spires

A : 45 V B : 5 V C : 25 V D : 30 V

A : 2 A B : 1 A C : 500 mA D : 300 mA

Q 3 Quelle est la capacité de la pile ?

Q 4 Quel instrument de mesure utilise-t-on

pour mesurer la tension sur cette résistance ?

1 M Ω

Lampe

A : 48600 C

V9

3 volts

B : 3 Ah

C : 9 Ah

A : un voltmètre de 20.000 Ω/V

D : 97200 C

B : un multimètre de 1.000

0,5 A pendant 6 heures

Ω/V

C : un voltmètre numérique de 100 M Ω/V

D : un électromètre

Q 5

Q 6 Quelle est la fréquence de résonance de

Calibre = 1 A

ce circuit ?

A : 1,1 m Ω

R = ?

B : 1,001 Ω

10 μH

C : 11,11 Ω

D : 1,00001 m Ω

G

40 pF

$I_{max} = 100mA / R_{interne} = 100 \Omega$

A : 7,95 MHz B : 397 kHz

C : 3,97 MHz D : 15,9 MHz

Q 7

Q 8

Quelle est la réactance de cette bobine ?

U = ?

150 Ω

4 μH

Fréquence = 25 MHz

60 mA

A : 628 Ω B : 100 Ω C : 1,6 m Ω D : 62,5 Ω

A : 2,5 V B : 60 V C : 9 V D : 0,9 V

Q 9

Q 10 Quelle est la résistance équivalente

de ce circuit

Quelle est la formule fausse ?

200

10

50

A : $P = U / I$ B : $R = U / I$

200

C : $P = U^2 / R$ D : $I = P / U$

A : 40 Ω B : 50 Ω C : 220 Ω D : 400 Ω

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

- 169 -

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 calculatrice : $10 \cdot 10^{-6} (L) \times 40 \cdot 10^{-12} (C) = 400 \cdot 10^{-18} [J]$
 $J = 20 \cdot 10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 112,57 \cdot 10^{-9} [1/x] = 7,957 \cdot 106$*

converti en 7,957 MHz arrondi à 7,95 MHz

$$\text{formule simplifiée : } F(\text{MHz}) = 159 \div \sqrt{(10 (L \text{ en } \mu\text{H}) \times 40 (C \text{ en } \text{pF}))} = 7,95 \text{ M}$$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times [J]) (10 \cdot 10^{-6} (L) \times 40 \cdot 10^{-12} (C)) = 7,957 \cdot 106$ 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 calculatrice : $4 \cdot 106 (F) \times 25 \cdot 10^{-6} (L) = 100 \cdot 100 \times 2 \times [\pi] = 628,3 \cdot 100$ converti en 628,3 arrondi à 628

$$\text{Formule simplifiée : } Z(\Omega) = 6,28 \times 4 (F \text{ en MHz}) \times 25 (L \text{ en } \mu\text{H}) = 628$$

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 calculatrice : $1 \div (1 \div 200 (R1) + 1 \div 50 (R2)) = 40$

$$40 + 10 (R3) = 50$$

$$1 \div (1 \div 50 + 1 \div 200 (R4)) = 40$$

- 170 -

Série n° 28

Thème : Progression 7 - Réglementation 3

Temps : 13 minutes

Q 1

Q 2

Quelle est l'épellation correcte de TK5UO

L'épellation de la lettre S est :

A : Tango Kilo 5 University Ontario

A : Santiago

B : Tango Kilo 5 Uniform Oscar

B : Sam

C : Tango Kilo 5 Uniform Ontario

C : Suzanne

D : Tango Kilo 5 University Oscar

D : Sierra

Q 3

Q 4

Que signifie le code « QSO ? »

Quel code emploie-t-on pour

« Augmentez votre puissance d'émission » ?

A : Pouvez-vous communiquer avec ... ?

A : QRG

B : Pouvez-vous accuser réception du message ?

B : QSL

C : Quelle est la position de votre station ?

C : QRO

D : Pouvez-vous répéter votre message ?

D : QSP

Q 5

Q 6

Teneur des conversations autorisées :

U = ?

U = 70 V

A : Adresse d'un radioamateur

B : Astrologie

90 spires 30 spires

C : Vie associative radioamateur

D : Radioguidage sur un relais

A : 30 V B : 23,3 V C : 90 V D : 210 V

Q 7 Quelle est la résistance interne de la pile ?

Q 8 Quelle est l'affirmation fausse ?

A : Une perturbation véhiculée par le secteur est

8 V

une perturbation conduite

Fém = 9 V

B : une perturbation provenant du circuit d'entrée

d'un récepteur est une perturbation rayonnée

10 mA

C : il faut prendre des mesures de durcissement

pour atteindre un meilleur niveau d'immunité

A : 1 k Ω B : 100 Ω C : 800 Ω D : 900 Ω

D : une perturbation est rayonnée lorsqu'elle est

véhiculée par des conducteurs

Q 9

Q 10

Pulsation d'une fréquence de 200 kHz ?

A : +1 V

Ω

B : -1 V

0

Ω

1

3

15V

U = ?

C : +3 V

D : -7 V

Ω

Ω

5

2

A : 1.121 rad/s B : 200.000 rad/s

C : 1.256.000 rad/s D : 79.500 rad/s

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

- 171 -

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

Q 4 Référence : R3-3 Réponse : C

Q 5 Référence : R3-4 Réponse : C

Attention : l'astronomie est autorisée mais pas l'astrologie

La seule adresse qu'un radioamateur est autorisé à donner est celle de sa propre station Le radioguidage sur relais est autorisé (plus précisément toléré) dans le cadre de manifestations radioamateur. Il ne reste plus qu'une réponse : vie associative radioamateur. Toutefois, aucun texte en vigueur ne précise ce point. Dans ce type de question, la réponse est souvent celle du bon sens...

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

$$U(5 \Omega) = (15\text{V} \times 5 \Omega)/15 \Omega = 5 \text{ V}$$

$$U(2 \Omega) = (15\text{V} \times 2 \Omega)/5 \Omega = 6 \text{ V}$$

$$U = 6\text{V} - 5\text{V} = +1\text{V}$$

- 172 -

Série n° 29

Thème : Progression 8 - Technique 5, 6 et 7

Temps : 16 minutes

Q 1 Quel est le courant dans le collecteur ?

Q 2 Quel est le gain du transistor ?

1 k

100 k

$$I_c = 100 \text{ mA}$$

$$I_b = 10 \mu\text{A}$$

$$\beta = 80$$

$$A : 125 \mu\text{A}$$

25 k

A :

$$\beta = 99$$

$$B : 100 \text{ mA}$$

$$B : \beta = 101$$

$$I_e = 101 \text{ mA}$$

$$C : 80 \text{ mA}$$

$$C : \beta = 100$$

$$D : 0,8 \text{ mA}$$

$$D : \beta = 1,01$$

Q 3 A la sortie du mélangeur, on aura :

Q 4

Le rendement d'un amplificateur monté

4 MHz

Mélangeur

Sortie

en classe A est au maximum de :

A : 20 % B : 50 %

6 MHz

A : 10 et 2 MHz B : 2 et 24 MHz

C : 70 % D : 120 %

C : 10 et 6 MHz D : 4 et 10 MHz

Q 5 Quelle est la classe

Q 6 Quelle est l'intensité parcourant le

Sortie

de cet amplificateur ?

galvanomètre ?

+

Entrée

A : 2 mA

100 k Ω

G

B : 20 μ A

C : 5 mA

2 V

D : 2,5 μ A

100 μ V

A : classe A B : classe B

C : classe AB D : classe C

Q 7

Q 8 Quelle est la fréquence de résonance ?

Un produit d'intermodulation est :

25 μ H

A : créé au niveau d'un étage linéaire

B : un mélange de 2 fréquences fondamentales

400 pF

C : généré par une antenne mal réglée

D : uniquement un problème d'émission

A : 159 MHz B : 1,59 MHz

C : 10 MHz D : 100 MHz

Q 9 Quelle est la résistance équivalente ?

Q 10

300

Quelle est la formule vraie ?

25

$$A : R = P^2/U \quad B : I = \sqrt{(P/R)}$$

100

$$C : P = I^2/R \quad D : I = R/U$$

A : 75 B : 50 C : 100 D : 25

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

- 173 -

Réponses Série 29

Q 1 Référence : T6-2 Réponse : D

$$I_c = \beta \times I_b = 80 \times 10 \mu A = 800 \mu A = 0,8 \text{ mA}$$

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

$$I_g = I_R = U_R/R ; U_R = U_{\text{calibre}} = 2 \text{ V (à la tension aux bornes du galvanomètre près)} \quad I = 2 \text{ V}/100 \text{ k}\Omega = 0,00002 \text{ A} = 20 \mu A$$

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

$$F = 159/\sqrt{(L(\text{MHz}) \times C(\text{pF}))} = 159/\sqrt{(25 \times 400)} = 159/\sqrt{(10000)} = 159/100 = 1,59$$

$$\text{Sur une calculatrice : } 25.10^{-6} (L) \times 400.10^{-12} (C) = 10.10^{-15} [\text{J}] = 100.10^{-9} \times 2 \times [\pi] = 628,3.10^{-9} [1/x] = 1,59.106$$

converti en 1,59 MHz

$$\text{formule simplifiée : } F (\text{MHz}) = 159 \div \sqrt{(25 (L \text{ en MHz}) \times 400 (C \text{ en pF}))} = 1,59 \text{ M}$$

en écriture naturelle : $1 \div (2 \times [\pi] \times \sqrt{25.10^{-6} (L) \times 400.10^{-12} (C)}) = 1,59.106$ converti en 1,59 MHz Q 9 Référence : T1-7 Réponse : C

$$(300 \times 100)/(300 + 100) = 30000/400 = 75$$

$$75 + 25 = 100$$

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

$$R = U^2/P$$

$$P = R \times I^2$$

$$I = U/R$$

- 174 -

Série n° 30

Thème : Progression 9 - Technique 8 et 9

Temps : 13 minutes

Q 1 Quel est le gain de ce circuit ?

Q 2 Quel est le facteur Q à la résonance de ce circuit ?

10 Ω

E

15 k Ω

75 k Ω

S

30 μ H

-

δ

200 pF

+

A : 1.500 B : 38,7

A : - 0,2 B : 5 C : -5 D : 0,2

C : 666 D : 2.000

Q 3

Q 4

Quelle est la longueur d'onde d'une fréquence de 50 MHz

La fréquence de 50,5 MHz doit être classée

dans les ondes :

A : Hectométriques

B : Décamétriques

C : Métriques

A : 166 m B : 6 m C : 3,18 m D : 3 m

D : Décimétriques

Q 5

Q 6

Quelle est la longueur d'un brin pour un doublet

Quelle est l'impédance d'entrée d'un

demi-onde taillé pour une fréquence de 50 MHz ?

amplificateur monté en base commune ?

A : basse B : moyenne

A : 12 m B : 1,5 m C : 3 m D : 6 m

C : élevée D : infinie

Q 7 Quelles sont les informations concernant

Q 8 Quel est le nombre de spires du

son installation que chaque radioamateur doit

secondaire ?

fournir à l'ANFR

U = 50 V

1 : coordonnées « WGS84 » de la station

U = 30V

2 : hauteur du pylône

3 : puissance PAR par bande (HF, VHF, UHF, SHF)

90 spires

nombre de spires = ?

4 : liste du matériel utilisé en émission

A: 60 spires B: 150 spires C: 30 spires D: 54

A : 1, 2, 3 et 4 B : 1 et 3 C : 1, 2 et 3 D : 2 et 4

Q 9

Q 10 Quelle est la valeur de cette résistance ?

Quelle fréquence est une limite de bande ?

Rouge

Vert

A : 10.250 kHz B : 24,7 MHz

Gris

C : 29,7 MHz D : 1.350 MHz

A : 7900 Ω B : 5800 Ω

C : 2,8 M Ω D : 59000 Ω

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

$$G = -R_2/R_1 = -75/15 = -5$$

Q 2 Référence : T4-4 Réponse : B

$$Q = \sqrt{[L/C]/R} = \sqrt{(30 \cdot 10^{-6} / 200 \cdot 10^{-12}) / 10} = \sqrt{(0,15 \cdot 10^{-6}) / 10} = 0,387 \cdot 10^3 / 10 = 387 / 10 = 38,7$$

$$\text{Formule simplifiée : } Q = \sqrt{[L(\mu H)/(C(pF))]/R(k\Omega)} = \sqrt{(30/200)/0,01} = \sqrt{(0,15)/0,01} = 0,387/0,01 = 38,7$$

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

50,5 MHz = bande des « 6 mètres » = métrique (longueur d'onde comprise entre 1 et 9,99 mètres) 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 : R4-2 Réponse : B

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

$$\text{Vert} = 5$$

$$\text{Gris} = 8 \Rightarrow 58 \text{ 00} \Rightarrow 5800 \Omega$$

$$\text{Rouge} = 2$$

- 176 -

Série n° 31

Thème : Progression 10 - Réglementation 4 et 5

Temps : 11 minutes

Q 1

Q 2

Quel est la mention obligatoire à porter sur

A quel rapport correspond 10 dB ?

le carnet de trafic ?

A : Force des signaux reçus par le correspondant

A : 2

B : Force des signaux reçus du correspondant

B : 4

C : Classe d'émission

C : 10

D : Prénom du correspondant

D : 100

Q 3

Q 4

L'indicatif FM5ED :

Le suffixe "/MM" :

A : est attribué à un corsaire

A : est utilisé à bord d'un véhicule

B : est attribué à un club

B : est utilisé dans les eaux internationales

C : n'est pas un indicatif radioamateur

C : peut être utilisé dans un avion

D : est attribué à un radioamateur de Martinique

D : est attribué à une station mobile

Q 5

Q 6

Une station peut être manoeuvrée par :

Le gain d'un doublet par rapport à l'antenne

A : n'importe qui, sous le contrôle de l'opérateur

isotrope est de :

principal

B : par un radioamateur étranger quelconque

C : par un opérateur titulaire d'un certificat d'opérateur

A : 3 dB B : 2,14 dB

de classe 1

D : par un opérateur occasionnel sans qu'il ait à préciser

C : 6 dB D : 4,5 dB

son indicatif personnel.

Q 7

Q 8

L'indicatif TM5ZX s'épelle :

Dans un dipôle, on a au centre de celui-ci :

A : Tango Mexico 5 Zoulou X-Ray

A : Umax et Imax B : U=0 et Imax

B : Tango Mike 5 Zoulou X-Ray

C : Tango Mexico 5 Zanzibar X-Ray

D : Tango Mike 5 Zanzibar X-Ray

C : Umax et I=0 D : U=0 et I=0

Q 9

Q 10

leff = ?

Comment s'appelle ce filtre ?

2100 Ω

Umax = 18 V

A : 6,06 mA

A : Série

B : 8,6 mA

B : Passe Bas

C : 12,1 mA

C : Passe Haut

D : 21 mA

D : Bouchon

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

- 177 -

Réponses Série 31

Q 1 Référence : R4-1 Réponse : C

La force des signaux et le prénom du correspondant sont 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

Une station est « maritime mobile » (suffixe "/MM") lorsqu'elle est installée sur un bateau naviguant dans les eaux internationales. Aucune autorisation n'est nécessaire pour manœuvrer une telle station (sous réserve d'en avoir informé au préalable le commandant de bord du navire et d'avoir reçu son autorisation).

Q 5 Référence : R4-3 Réponse : C

Évidemment, 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 suivi du suffixe /P ou /M. Rappelons que l'indicatif d'appel est attribué à un

opérateur et non pas à un matériel. La notion d'opérateur occasionnel n'existant plus, si on utilise la station d'un autre radioamateur, on précisera seulement que l'on est en portable (ou en mobile) puisqu'on n'émet pas depuis son domicile. La seule exception à cette règle concerne le trafic depuis une installation de radio-club : l'opérateur doit préciser son indicatif d'appel après l'indicatif d'appel du radio-club.

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

$U_{max} = 18 \text{ V} \Rightarrow U_{eff} = 18 \times 0,707 = 12,726 \text{ V}$

$I = U/R = 12,726/2100 = 0,00606 = 6,06 \text{ mA}_{eff}$

- 178 -

Série n° 32

Thème : Progression 11 - Technique 11 et 12

Temps : 13 minutes

Q 1 Comment s'appelle l'étage marqué "?"

Q 2

Que peut-on démoduler avec une détection ?

RF

Mél

FI

?

AF

VFO

A : J3E B : A3E C : A1A D : G3E

A : Modulateur B : Filtre FI C : Démodulateur

D : Oscillateur de battement de fréquence

Q 3

Q 4

Comment s'appelle l'étage marqué "?"

Comment s'appelle cette modulation ?

BLU

?

AF

BFO

A : Modulation d'amplitude

A : Détection B : Modulateur

B : Bande Latérale Unique

C : Détecteur de produit D : Oscillateur

C : Modulation de fréquence

D : Modulation de phase

Q 5 Comment s'appelle cette modulation ?

Q 6 Comment s'appelle l'étage marqué "?"

Modulateur

Mél

PA

?

VFO

A : A3E B : G3E C : J3E D : R3E

A : Filtre anti-harmonique

B : Mélangeur Équilibré

C : Filtre à Quartz D : Oscillateur local

Q 7

Q 8

Quelle est la fréquence de fonctionnement de cette

Quelle est la valeur de la résistance R

antenne quart d'onde verticale ?

100 μ A

R = ?

G

A : 57 MHz

5 mètres

10 mV

10 V

B : 35 MHz

C : 30 MHz

D : 15 MHz

A : 100 k Ω B : 99,9 k Ω

C : 999.900 Ω D : 999.000 Ω

Q 9

Q 10

Quelle l'impédance de la bobine ?

Entrée

Atténuateur

Sortie = ?

1 μ H

40 W

16 dB

Fréquence = 250 kHz

A : 795 Ω

B : 250 Ω

C : 1570 Ω

A : 2,5 W B : 1 W C : 24 W D : 4 W

D : 1,57 Ω

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

- 179 -

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

Q 5 Référence : T12-1 Réponse : B

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 k Ω ($R = U/I = 10 / 0,0001 = 100\ 000$) desquels il faut déduire la résistance interne du galvanomètre (généralement petite par rapport à la résistance série). La réponse 99,9 k Ω impliquerait que la valeur de la résistance interne du galvanomètre est de 100 Ω , 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 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 : $10^{(16 \text{ (dB)} \div 10)} = 39,81$ arrondi à 40

Q 10 Référence : T2-3 Réponse : D

$Z = 6,28 \times F \times L = 6,28 \times 250000 \times 0,000\ 001 = 6,28 \times 0,25 = 1,57 \Omega$

Sur une calculatrice : $250.103 (F) \times 1.10^{-6} (L) = 250.10^{-3} \times 2 \times [\pi] = 1,5708.100$ converti en 1,57

Formule simplifiée : $Z (\Omega) = 6,28 \times 0,25 (F \text{ en MHz}) \times 1 (L \text{ en } \mu\text{H}) = 1,57$

- 180 -

Troisième section

Examens blancs

Séries 33 à 41 : Réglementation

Séries 42 à 50 : Technique

Hors série : exercices en notation ingénieur

- 181 -

- 182 -

Série n° 33

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Quel est le gain du second étage ?

Quand doit-on transmettre son

indicatif d'appel ?

6 dB

Gain = ?

15 W

150 W

A : de temps en temps

B : au début d'un contact

C : au début et à la fin de chaque transmission

A : 2,5 dB B : 4 dB C : 10 dB D : 1,67 dB

D : quand le correspondant le demande

Q 3

Q 4

Quelle est la puissance de dissipation maximum

Quelle est la limite de la bande des 17 mètres ?

sur 144 MHz pour un radioamateur de classe 1 ?

A : 18 à 18,35 MHz

B : 18,068 à 18,168 MHz

A : 100 W B : 250 W C : 10 W D : 120 W

C : 18,1 à 18,15 MHz

D : 18 à 18,1 MHz

Q 5

Q 6

Pour un émetteur de 30 watts, quelle est l'atténuation

Quelle est la classe d'émission

minimum des rayonnements non essentiels ?

correspondant à : "Fac similé ; Modulation

d'amplitude avec emploi d'une sous

porteuse modulante" ?

A : -50 dB B : -40 dB C : -60 dB D : -70 dB

A : C2A B : A2C C : A3C D : A2D

Q 7

Q 8

Sur 144.575 kHz, quelle peut être l'erreur de

Comment s'épelle TK5XO ?

lecture maximum ?

A : Tango Kilo 5 Xylophone Oscar

B : Tango Kilo 5 X-Ray Ontario

A : 14,457 kHz B : +/- 7,5 kHz

C : Tokyo Kilo 5 X-Ray Ontario

D : Tango Kilo 5 X-Ray Oscar

C : +/- 3 kHz D : 144,575 kHz

Q 9

Q 10

Quelle est la longueur d'un brin d'un

Que doit-on indiquer sur le carnet de trafic ?

doublet demi-onde ?

A : les reports des signaux des stations contactées

A : $\lambda / 2$

B : la puissance utilisée par le correspondant

B : $\lambda \times 2$

C : les stations contactées lors de l'utilisation de la

C : $\lambda / 4$

station d'un autre radioamateur

D : λ

D : le prénom et le lieu d'émission de la station contactée

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

$F = 300 / \lambda$ (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

En cas d'utilisation de la station d'un autre radioamateur, on utilisera son propre indicatif d'appel suivi du suffixe /P ou /M. Aussi, les contacts effectués seront portés sur le carnet de trafic de l'opérateur qui a effectué le contact (et non pas sur le carnet de trafic du propriétaire de la station).

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 $\lambda / 4$.

- 184 -

Série n° 34

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Pour un radioamateur de classe Novice, les

Quelle est la classe d'émission qui

rayonnements non essentiels ne doivent pas être

correspond à la Téléphonie en Modulation

supérieurs à :

d'Amplitude ?

A : A1A B : G3E C : A3E D : A1C

A : -40 dB B : -50 dB C : -60 dB D : -70 dB

Q 3

Q 4

Quelle est l'étendue des ondes métriques ?

Dans une antenne Yagi :

A : le brin réflecteur est plus court que les autres

A : de 3 à 30 MHz B : de 30 à 300 MHz

B : le brin directeur est aussi long que le réflecteur

C : de 300 MHz à 3 GHz D : de 30 à 300 kHz

C : on diminue l'impédance en augmentant le nombre d'éléments

D : la direction du rayonnement maximum est parallèle au brin rayonnant

Q 5

Q 6

Quelle est la puissance en crête de modulation

Comment s'épelle F1ZU ?

maximum sur 29 MHz pour des radioamateurs

de classe 2 en classe A1A ?

A : Fox-trot 1 Zoulou Uniform

B : France 1 Zoulou Uruguay

A : 120 W B : 0 W C : 250 W D : 500 W

C : Fox-trot 1 Zanzibar Uniform

D : Fox-trot 1 Zoulou Uruguay

Q 7

Q 8

Un émetteur délivre une puissance de 30 W dans

L'indicatif d'appel d'un radioamateur

une antenne dont le gain est de 6 dB. Quelle est la

originaire de Mayotte a un préfixe de type :

PAR de cette station ?

A : FM B : FH C : FD D : FY

A : 180 W B : 120 W C : 36 W D : 30 W

Q 9

Q 10

Un radio-club de Guadeloupe aura un indicatif de type :

Sur le carnet de trafic, on doit noter :

A : le prénom de la station contactée

A : FGKXY B : FG5XY C : FG5KY D : FG0FX Y

B : la puissance utilisée

C : les reports échangés

D : la classe d'émission utilisée

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

- 185 -

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 : R5-2 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.

- 186 -

Série n° 35

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Quelle est la classe d'émission définie ainsi :

Quelle est l'excursion maximum autorisée

"Téléphonie, modulation de phase" ?

en classe G3E pour les radioamateurs

de classe 3 ?

A : P3F B : G3E C : G3F D : F3G

A : +/- 15 kHz B : +/- 7,5 kHz

C : +/- 3 kHz D : +/- 6 kHz

Q 3

Q 4 Un radioamateur français peut-il

Le générateur 2 tons est-il obligatoire ?

émettre depuis un avion ?

A : Oui, avec l'autorisation du commandant

A : Oui, si on émet en BLU

de bord

B : Oui, si on émet avec plus de 25 watts

B : Oui, en cas d'urgence

C : Non

C : Oui, mais avec une puissance limitée à 1 W

D : Oui, pour les opérateurs de classe 1 et 2

D : Non, en aucun cas

Q 5

Q 6

Quelle est la largeur de la bande des 15 m ?

Un multi-doublet :

A : est une antenne Yagi à 2 éléments

B : est prévu pour travailler sur plusieurs bandes

A : 100 kHz B : 150 kHz

C : nécessite un réflecteur parabolique

C : 350 kHz D : 450 kHz

D : est aussi appelé doublet à trappes

Q 7

Q 8

Quelle est l'affirmation fausse ?

Il est obligatoire de posséder dans une station

A : un coaxial sert à transférer l'énergie

B : un câble de forte impédance est automatiquement

A : un indicateur de tension relative

de moins bonne qualité

B : un ampèremètre

C : le ROS se calcule par le rapport de l'impédance

C : un filtre passe-haut

la plus forte sur l'impédance la plus faible

D : un filtre secteur

D : le doublet demi-onde est alimenté en son centre

Q 9

Q 10

Quel sera l'indicatif d'appel d'un radioamateur habitant

Quelle est l'épellation correcte de FM5JA ?

en Martinique et qui possède une autorisation d'émettre

de classe 1 ?

A : France Maroc 5 Juliett America

B : Fox-trot Mike 5 Juliett Alfa

A : FM1XX B : FM5XX C : FG5XX D : FM6XX

C : Fox-trot Mike 5 Japon Alfa

D : Fox-trot Martinique 5 Juliett Amérique

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

- 187 -

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

Le générateur 2 tons ne fait plus partie de la liste des matériels dont la possession est obligatoire 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

simples (comme ici) 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). Le chiffre 8 peut être aussi attribué.

Remarquez l'orthographe anglaise de Juliett et d'Alfa.

- 188 -

Série n° 36

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1 La série des indicatifs F5VAA :

Q 2 L'article S1-56 du RR :

A : définit le service amateur

A : est réservée aux stations expérimentales

B : indique que l'indicatif est attribué par

B : est réservée aux satellites

l'administration de chaque pays

C : sera utilisé après épuisement des F1XXX

membre de l'UIT

D : est réservée aux radioamateurs étrangers issus

C : définit dans quelles mesures les

d'un pays membre de l'Union Européenne

radioamateurs peuvent aider les

et installés pour plus de trois mois en France

administrations en cas de catastrophes.

D : préconise un programme pour les examens

Q 3

Q 4

En classe J3E :

Quel est statut de la bande 24,890 à

24,990 MHz ?

A : il est nécessaire de posséder une charge non

rayonnante

B : il est interdit d'émettre à moins de 15 kHz d'une

A : statut A

limite de bande

B : statut B

C : la bande occupée ne doit pas dépasser 7,5 kHz

C : statut C

D : la porteuse doit être réduite à -50 dB

D : cette bande n'est pas attribuée au service

d'amateur

Q 5

Q 6

Le préfixe FX correspond à un :

Pour une fréquence de 14 MHz, quelle doit

être la stabilité de l'émetteur ?

A : relais numérique

B : une balise

A : 1,4 kHz B : 1 kHz

C : un satellite

D : un indicatif spécial de courte durée

C : 280 Hz D : 700 Hz

Q 7

Q 8

L'indicatif F5KEB est attribué à :

Un radioamateur dont l'indicatif est FY5XY ?

A : un relais analogique

A : est originaire de Saint Martin

B : un relais numérique

B : est titulaire d'une autorisation d'émettre

C : un radio-club

de classe 2

D : une balise

C : est un radio-club

D : est originaire de la Guyane

Q 9

Q 10

Que doit-on noter sur le carnet de trafic ?

Quelle est la teneur des conversations

autorisée ?

A : les signaux de réception de son correspondant

A : Radioguidage sur relais

B : les contacts établis à partir de la station d'un

B : Radioguidage sur relais dans le cadre

autre radioamateur

d'une manifestation radioamateur

C : le prénom du correspondant

C : Numéro de téléphone d'un magasin

D : la puissance de l'émetteur du correspondant

D : Prix du matériel dans un magasin

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

- 189 -

Réponses Série 36

Q 1 Référence : R4-6 Réponse : D

Depuis 2009, le préfixe V (indicatif d'appel de type F5VAA) est réservé aux radioamateurs étrangers provenant d'un pays membre de l'Union Européenne et installés pour plus de trois mois en France. Pour des séjours de moins de trois mois, la recommandation T/R 61-01 s'applique à tous et les radioamateurs étrangers peuvent sans formalité utiliser leur indicatif d'appel précédé de « F/ » ou le préfixe du territoire à partir duquel ils émettent.

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

La charge non rayonnante est obligatoire quelque soit la classe d'émission

Q 4 Référence : R2-1 Réponse : A

Depuis 2010, quelques compte-rendus rapportent que le statut des bandes est aussi défini par la lettre donnée dans le tableau annexé à la décision ARCEP 10-0537 (A = primaire et exclusif ; B = bande partagée à égalité de droits avec d'autres services ; C = secondaire, partagée avec d'autres services ; D = puissance limitée à 1

W PIRE (sur 137 kHz) ; E = dérogatoire, ne concerne que la bande des 50 MHz)

Q 5 Référence : R4-6 Réponse : C

Q 6 Référence : R1-3 Réponse : D

14 MHz = 14.000.000 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

Lorsqu'on utilise la station d'un autre radioamateur, on s'identifie par son indicatif d'appel suivi de /P ou /M.

Le contact doit être inscrit sur le carnet de trafic de l'opérateur qui a effectué le contact et non pas sur celui du propriétaire de la station.

Q 10 Référence : R3-4 Réponse : B

Cas de radioguidage : interdit sur relais sauf pour guider l'accès à une exposition ou toute autre manifestation radioamateur. Les textes en vigueur ne précisent pas ce cas particulier mais le bon sens permet d'éliminer les autres réponses.

- 190 -

Série n° 37

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Quel est l'équipement non obligatoire d'une station ?

L'indicatif d'appel F6WFZ est attribué à :

A : un radio-club

A : le filtrage de l'alimentation

B : un relais

B : un wattmètre

C : un étranger originaire d'un pays non membre

C : un fréquencemètre

de l'Union Européenne installé en France

D : une antenne fictive (charge non rayonnante)

pendant plus de trois mois

D : une balise

Q 3

Q 4

Pour être responsable d'un radio-club, il faut :

A quel niveau les rayonnements non essentiels doivent-

ils être réduits pour 30 W d'émission ?

A : avoir un casier judiciaire vierge

B : être titulaire d'un certificat d'opérateur

de classe 1 ou 2

A : -50 dB B : -60 dB C : -70 dB D : -40 dB

C : avoir un diplôme d'électronique

D : avoir son certificat d'opérateur depuis

plus d'un an

Q 5

Q 6

Quelles sont les limites de la bande autorisée aux

Quelle est la puissance de dissipation maximale

radioamateurs de classe 3 ?

pour un radioamateur de classe 1 sur 144 MHz?

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

A : 500 W B : 250 W C : 120 W D : 10 W

Q 7

Q 8

Un indicatif d'appel ayant TM en préfixe est utilisable :

Pour quelle classe d'émission un générateur 2

tons n'est-il pas obligatoire dans la station ?

A : pendant 15 jours non consécutifs

B : pendant 3 mois

A : R3E B : A2A

C : pendant 1 an

D : sans limite de durée

C : Toutes les classes d'émission D : J3E

Q 9

Q 10 Une station émettant sur 28,500 MHz

Un radioamateur dont l'indicatif d'appel est FJ5VY

en classe A1A peut être manœuvrée par :

A : n'importe quel radioamateur étranger

B : un radioamateur français titulaire d'une

A : est originaire de Jersey

autorisation d'émettre de classe 1

B : est originaire de Saint Barthélemy

C : un radioamateur français titulaire d'une

C : ne peut exister car FJ n'est pas attribué

autorisation d'émettre de classe 2

D : est un radioamateur étranger avec une autorisation

D : un opérateur occasionnel pour contacter sa

d'émettre temporaire

propre station

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

- 191 -

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

Depuis 2009, le préfixe W (indicatif d'appel de type F5WAA) est réservé aux radioamateurs étrangers provenant d'un pays non membre de l'Union Européenne et installés pour plus de trois mois en France. Pour des séjours de moins de trois mois, la recommandation T/R 61-01 s'applique à tous et les radioamateurs étrangers peuvent sans formalité utiliser leur indicatif d'appel précédé de « F/ » ou le préfixe du territoire à partir duquel ils émettent.

En France continentale, première du suffixe : Z pour un 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 : A

TM est le préfixe pour la France continentale des indicatifs spéciaux. Ces indicatifs spéciaux sont délivrés pour une durée maximum de 15 jours non consécutifs pendant une période de 6 mois. Par exemple, on pourra utiliser l'indicatif spécial pendant 7 week-ends (le samedi et le dimanche, soit 14 jours) de janvier à juin (soit 6 mois).

Q 8 Référence : R1-3 Réponse : C

La possession d'un générateur 2 tons n'est plus obligatoire quelque soit la classe d'émission utilisée 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.

- 192 -

Série n° 38

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Sur 14 MHz, quelle doit être la précision de l'

Sur 28 MHz, quelle est la bande occupée

affichage de la fréquence d'un émetteur ?

en FM ?

A : +/- 5 kHz B : +/- 1kHz

A : +/- 7,5 kHz B : +/- 3 kHz

C : +/- 2,5 kHz D : +/- 14 kHz

C : +/- 15 kHz D : +/- 12,5 kHz

Q 3

Q 4

24.890 et 24.990 MHz correspondent à la limite haute

De quoi traite l'article S1-56 du RR ?

et basse de la bande des :

A : il définit l'utilisation des bandes radioamateur

A : 10 m B : 12 m

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

C : 15 m D : 17 m

élément du domaine public

Q 5

Q 6

Un émetteur délivre une puissance de 100 W. On constate Quelle tension à ne pas dépasser peut être une puissance réfléchie de 25 W. Quel TOS observe-t-on

réinjectée au réseau EdF sur la bande

sur la ligne de transmission ?

des 80 m ?

A : 4/1 B : 25% C : infini D : 50%

A : 5 mV B : 2 mV C : 1 mV D : 0,5 mV

Q 7

Q 8

Quelle est la teneur des conversations

Quelle est l'épellation correcte de F1JKN ?

interdites ?

A : Fox-trot 1 Japon Kilo Nancy

A : Programme informatique

B : Fox-trot 1 Juliette Kilo Novembre

B : Astrologie

C : Fox-trot 1 Juliett Kilo November

C : Réglementation radioamateur

D : France 1 Juliett Kilowatt November

D : Radioguidage pour une exposition radio

Q 9

Q 10

Une antenne de 35 Ohms alimentée par un câble ?

Un radioamateur dont l'indicatif d'appel

de 50 Ohms aura un ROS (valeur arrondie) de :

est FZ1XY

A : a une autorisation d'émettre de classe 1

A : 1,4:1 B : 0,7:1

B : est originaire de Saint Martin

C : a une autorisation d'émettre temporaire

de classe 2

C : 1:0,7 D : 1:1,4

D : n'a pas un indicatif d'appel radioamateur

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

- 193 -

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

$TOS = \sqrt{(\text{Puissance réfléchie} / \text{Puissance émise}) \times 100} = \sqrt{(25 / 100) \times 100} = \sqrt{0,25} \times 100 = 0,5 \times 100 =$

50%. 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

L'astronomie est autorisée mais pas l'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

- 194 -

Série n° 39

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2 L'opérateur d'une station de radio-club :

Quelle doit être la stabilité d'un émetteur sur 145 MHz ?

A : peut ne pas avoir de certificat d'opérateur

B : doit avoir un certificat d'opérateur correspon-

A : +/- 2,5 kHz B : +/- 2,9 kHz

dant à la bande et à la puissance utilisée

C : peut avoir un certificat d'opérateur ne

correspondant pas à la bande utilisée

C : +/- 14,5 kHz D : +/- 7,25 kHz

D : peut ne pas avoir de certificat d'opérateur

mais émettre sous la tutelle du

responsable du radio-club

Q 3

Q 4

A quel niveau les perturbations réinjectées dans le

Une perturbation radioélectrique est dite

réseau EDF doivent-elles être réduites pour la

conduite quand elle est propagée par :

fréquence de 300 kHz ?

A : un conducteur électrique

B : un champ électrique

A : 2 mV B : 1 mV C : 10 mV D : 20 mV

C : par le corps humain

D : par un champ magnétique

Q 5

Q 6 Quelle est l'affirmation fautive ?

Quelle bande est-elle attribuée en exclusivité

aux radioamateurs ?

A : en couplant deux antennes identiques, on

obtient un gain supplémentaire de 3 dB.

B : le réflecteur parabolique concentre les ondes

vers le foyer

A : 80 m B : 40 m C : 30 m D : 70 cm

C : A chaque nœud d'intensité correspond un

lobe de rayonnement dans une antenne

D : L'antenne Yagi est une antenne de type

fermée

Q 7

Q 8

Quelle est la puissance maximum autorisée

Quel est l'indicatif d'un radioamateur Corse de

sur 14 MHz aux opérateurs de classe 1 en classe

classe 1 ?

d'émission A2A ?

A : FCE6XY

B : TK5XY

A : 250 W B : 0 W C : 500 W D : 120 W

C : TK4XY

D : FTK6XY

Q 9

Q 10

En cas de manquement à la réglementation, l'indicatif

Quelle est l'affirmation vraie ?

d'appel attribué peut être suspendu ou révoqué

A : l'annuaire des radioamateurs est géré par

A : à la demande d'un voisin dont le téléviseur aurait

l'ANFR

été perturbé

B : l'ANFR doit être informée du changement

B : à la demande d'une association de radioamateurs

d'adresse dans les 3 mois suivants

C : à la vue de rapports d'infractions transmis par des

C : l'annuaire des radiomateurs comporte leur

administrations étrangères

nom, adresse et n° de téléphone

D : à la demande d'un autre radioamateur

D : l'annuaire est en vente auprès de l'ANFR

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

- 195 -

Réponses Série 39

Q 1 Référence : R1-3 Réponse : D

145 MHz = 145.000.000 Hz ; Stabilité = 1/20.000 ; $145.000.000 / 20.000 = 7.250 \text{ Hz} = 7,25 \text{ kHz}$ 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 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. Les sanctions peuvent être prises « sur proposition de l'ANFR, de l'ARCEP, à la demande des départements ministériels chargé de la sécurité publique, de la justice, de la défense nationale ou à la vue de rapports d'infractions transmis par des administrations étrangères ou des organismes internationaux spécialisés ».

Q 10 Référence : R4-7 Réponse : A. Le changement d'adresse doit être notifié à l'ANFR dans les 21

mois suivants. Les renseignements concernant le radioamateur sont son nom, son prénom et son adresse (la proposition C est fautive car le n° de téléphone n'est jamais publié). Enfin, l'annuaire est en libre consultation sur le site de l'ANFR (et non pas payant comme le propose la réponse D).

- 196 -

Série n° 40

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Le préfixe FR correspond à :

Une station "mobile" est :

A : Saint Martin

A : suivie du suffixe "/P"

B : Guyane

B : suivie du suffixe "/MM"

C : Réunion

C : utilisée dans n'importe quel véhicule

D : Mayotte

D : tolérée si elle est montée sur un avion

avec l'autorisation du commandant de bord

Q 3

Q 4

Quelle est la classe d'émission ainsi définie :

Un radioamateur français possédant une

"Télégraphie auditive, modulation d'amplitude par tout ou

autorisation d'émettre de classe 1 utilisera lors

rien sans emploi de sous-porteuse modulante"

de ces déplacements en Belgique un indicatif

de type :

A : OK/F8XYZ/P B : B/F8XYZ/P

A : A2A B : F2A C : A1A D : F1E

C : ON/F8XYZ/P B : OE/F8XYZ/P

Q 5

Q 6 Quelle est l'affirmation fausse ?

Comment sont qualifiées les ondes de la gamme VLF ?

A : En FM, l'émetteur se règle à l'aide d' un

A : kilométriques

générateur BF 2 tons

B : hectométriques

B : Il faut un filtre d'alimentation

C : myriamétriques

C : La bande occupée en FM est de

D : hectométriques

+/- 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

Q 7

Q 8

La polarisation de l'onde rayonnée par une

Quel est l'indicatif d'appel qui n'a pas d'équivalent CEPT ?
antenne est essentiellement due : A : F1XYZ

A : à l'orientation du brin rayonnant de l'antenne

B : F4XYZ

B : au mode d'alimentation de l'antenne

C : F0XYZ

C : à la directivité de l'antenne

D : F5XYZ

D : au gain relatif de l'antenne

Q 9

Q 10

Sur quelle bande le statut est-il secondaire ?

Quel est le gain d'une antenne dont la PAR est de 40 W alors que l'émetteur dispose de 10 W ?

A : 80 m B : 15 m C : 30 m D : 10 m

A : 4 db B : 40 dB C : 6 dB D : 400 dB

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

- 197 -

Réponses Série 40

Q 1 Référence : R4-7 Réponse : C

Q 2 Référence : R4-2 Réponse : C

Une station mobile a un suffixe « /M » et non pas « /MM » ou « /P ». Elle ne peut être montée en aucun cas sur un aéronef même avec l'accord du commandant de bord (ce serait d'ailleurs assez étonnant qu'il vous en donne l'autorisation). Elle pourra être montée sur tout véhicule terrestre (voiture, camion, bus, vélo, ...).

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

Le préfixe de la Belgique est ON (B : Chine, OK : République Tchèque, OE : Autriche) Q 5 Référence : R5-2 Réponse : C

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 = $40 \text{ W} / 10 \text{ W} = 4$; $4 \Rightarrow 6 \text{ dB}$

- 198 -

Série n° 41

Thème : Réglementation

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

A quoi correspond la classe d'émission "Téléphonie,

Quelle doit être l'excursion sur

Modulation de fréquence" ?

433.990 kHz ?

A : +/- 2,5 kHz B : +/- 3 kHz

A : G3E B : E3G C : F3E D : F3G

C : +/- 7,5 kHz D : +/- 12,5 kHz

Q 3

Q 4

En mode A3E, pour un radioamateur ayant une autori-

La recommandation TR61/02 :

sation d'émettre de classe 1, il est interdit d'émettre sur :

A : est un texte de l'UIT

B : préconise un programme d'examen commun

A : 14.000 kHz B : 14.340 kHz

à tous les membres de la CEPT

C : prévoit la libre circulation des radioamateurs

C : 29.500 kHz D : 3.750 kHz

dans les pays de la CEPT

D : est un article du Code de l'Urbanisme

Q 5 Quelle est l'affirmation fausse ?

Q 6 Un radioamateur ayant un indicatif de

type EA/F5XYZ/P

A : l'article L33-3 du code des P&CE définit 3 catégories
de réseaux indépendants

A : est un radioamateur suisse

B : notre administration de tutelle se nomme la DGRE

B : est un radioamateur français émettant

C : la décision ART 10-0537 traite de l'attribution des
en Estonie

fréquences aux radioamateurs

C : est un radioamateur français émettant

D : L'article L.41-1 du code des P&CE indique que
en Espagne

l'utilisation de fréquences radioélectriques (...) est

D : est radioamateur espagnol émettant

soumise à autorisation administrative

en France

Q 7

Q 8

Quelle est la puissance crête 2 signaux maximale

Si le candidat a un taux d'incapacité permanente

autorisée aux "Novices" sur 144 MHz ?

de plus de 70%, le temps de l'examen :

A : reste le même

B : est allongé de 50%

A : 10 W B : 20 W C : 30 W

C : est doublé

D : est triplé

D : 100 W

Q 9

Q 10

Le préfixe FM est attribué à :

On peut utiliser le suffixe "/M" :

A : sur un bateau navigant à plus de 12 miles

A : la Guadeloupe

nautiques des côtes.

B : Mayotte

B : dans un avion

C : la Martinique

C : dans un véhicule

D : le Maroc

D : lorsque l'on utilise une station transportable

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

- 199 -

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 : à ne pas confondre. La libre circulation (T/R 61-01) a déjà été mise en application et, seulement après, chaque administration a validé le programme HAREC(T/R 61-02). Et ça a pris du temps...

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, puis de la DGCIS en 2009. Notre administration de tutelle est l'ARCEP mais elle n'est pas responsable des conditions d'obtention de l'examen ni de la délivrance des indicatifs d'appel qui reste sous l'autorité du ministre chargé des communications électroniques. L'ARCEP n'est pas non plus compétente pour tous les problèmes de brouillage qui sont de la compétence de l'ANFR

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 dans les eaux internationales (= à plus de 12 miles nautiques des côtes) : suffixe MM et non pas M

Réponse B : interdit dans un aéronef, quel qu'il soit (avion, ballon, ULM, ...) Réponse D : station transportable : suffixe P

- 200 -

Série n° 42

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1 Quelle est la valeur de la résistance ?

Q 2

Quelle est la formule vraie ?

Noir

Vert

Orange

A : $R = U \times I$ B : $P = U / I$

A : 35 Ω B : 5k Ω C : 50 k D : 350 Ω

C : $I = U / R$ D : $P = U^2 \times R$

Q 3

Q 4

Quelle est l'intensité ?

Quelle est la valeur de la résistance ?

10 V

1 k Ω

1 A

1 k

3 k

I = ?

2 A

R = ?

A : 10 mA B : 0,001 A C : 0,1 A D : 10 A

A : 500 Ω B : 2 k Ω C : 3 k Ω D : 666 Ω

5

Q 6

Quelle est la valeur maximum ?

Quelle est la capacité équivalente ?

0,1 nF

100 pF

13 V

U_{eff}

0 V

A : 18,4 V B : 36,8 V C : 9,2 V D : 23,5 V

A : 50 pF B : 200 pF C : 111 pF D : 50 nF

Q 7

Q 8

Quelle est la puissance de sortie ?

Quelle est l'intensité du secondaire ?

3 W

10 dB

P = ?

200 V

50 V

3 A

I = ?

A : 10 W B : 30 W C : 300 W D : 1000 W

A : 12 A B : 0,75 A C : 150 A D : 0,0833 A

Q 9

Q 10 Quel est le nom de l'étage marqué "?"

Quelle est la bande de fréquences dites "métriques" ?

RF

Mél

FI

?

AF

VFO

A : 3 à 30 MHz B : 30 à 300 MHz

BFO

C : 300 MHz à 3 GHz D : 3 à 30 GHz

A : Discriminateur B : Détection

C : Détecteur de produit D : Modulation

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

- 201 -

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 ==> $35 \times 100 = 35 \times 1 = 35 \Omega$

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

$U_{\text{max}} = U_{\text{eff}} \times 1,414 = 13 \times 1,414 = 18,4 \text{ V}$

Q 6 Référence : T2-3 Réponse : A

$0,1 \text{ nF} = 100 \text{ pF}$

deux condensateurs 100 pF en série ==> $100 \text{ pF} / 2 = 50 \text{ pF}$

Q 7 Référence : T4-1 Réponse : B

10 dB

$1) \Rightarrow 1 \times 10 = 10 \text{ W} \times 10 = 30 \text{ W}$

$\times 10$)

Sur une calculatrice : $10 \text{ (dB)} \div 10 = 1 \text{ [10x]} = 10$

Ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (10 \text{ (dB)} \div 10) = 10$

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 => Détecteur de produit (et BLU ou CW)

- 202 -

Série n° 43

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Quelle la tension aux bornes de la résistance ?

Quelle est la résistance équivalente ?

2 k

1 k

$I = 1 \text{ mA}$

Marron / Noir / Rouge

3 k

A : 1 V B : 10 V C : 0,1 V D : 0,5 V

A : 6 k Ω B : 1,5 k Ω C : 3 k Ω D : 1 k Ω

Q 3

Q 4

Quelle est l'intensité ?

Quelle est la pulsation d'un signal de 1 MHz ?

10 V

10 k

15 k

A : 6.280 rad/s B : 6.280.000 rad/s

$I = ?$

C : 1.000.000 rad/s D : 1.414.000 rad/s

A : 5 mA B : 4 mA C : 1 mA D : 1A

Q 5

Q 6

Quel est le gain total de ces deux amplis ?

8 spires

100 V

E

S

U = ?

10 dB

5 dB

16 spires

A : 50 dB B : 15 dB C : 31 dB D : 5 dB

A : 200 V B : 50 V C : 0 V D : 100 V

Q 7

Q 8

Quelle est la capacité de la pile si elle fonctionne

Quelle est l'impédance de ce quart d'onde ?

pendant 5 heures ?

Z = ?

100 mA

A : 5 Ah B : 500 Ah C : 3.600 C D : 1.800 C

A : 36 Ω B : 50 Ω C : 52 Ω D : 73 Ω

9

Q 10

Comment s'appelle l'étage marqué "?"

Quel est le type de modulation ?

t

Modulateur

Ampli de

?

Puissance

A : Fréquence Intermédiaire C : Mélangeur

B : Filtre anti-harmonique D : Oscillateur

A : J3E B : A1A C : A3E D : F3E

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

- 203 -

Réponses Série 43

Q 1 Référence : T1-5 et T1-2 Réponse : A

Marron : 1

Noir : 0 ==> $10 \times 10^2 = 10 \times 100 = 1000 \Omega$

Rouge : 2

1 mA = 0,001 A ; $U = R \times I = 1000 \times 0,001 = 1 \text{ V}$

Q 2 Référence : T1-7 Réponse : B

$$2\text{ k} + 1\text{ k} = 3\text{ k}$$

$$3\text{ k et } 3\text{ k en parallèle} \Rightarrow 3\text{ k} / 2 = 1,5\text{ k}\Omega$$

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 : 1.106 (F) x 2 x [π] = 6,2832.106 converti en 6.283.200 rad/s arrondi à 6.280.000 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

$$100\text{ mA pendant } 5\text{ heures} \Rightarrow 500\text{ mAh} = 0,5\text{ Ah} \times 3600 = 1.800\text{ C}$$

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 \Rightarrow FM \Rightarrow F3E (ou G3E)

- 204 -

Série n° 44

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Quelle est l'impédance du condensateur ?

Quelle est la valeur efficace de ce signal ?

$$F = 15\text{ MHz}$$

$$14,1\text{ V}$$

$$1\text{ nF}$$

$$0\text{ V}$$

$$A : 10,6\ \Omega \quad B : 94,2\ \Omega \quad C : 15\ \Omega \quad D : 2,4\text{ k}\Omega$$

$$A : 10\text{ V} \quad B : 5\text{ V} \quad C : 7,07\text{ V} \quad D : 20\text{ V}$$

Q 3

Q 4

Quelle est la formule fautive ?

$$E = 5\text{ W}$$

$$S = ?$$

$$16\text{ dB}$$

$$A : U = R \times I \quad C : P = R \times U^2$$

$$B : I = \sqrt{P/R} \quad D : I = U/R$$

A : 200 W B : 80 W C : 40 W D : 16 W

Q 5

Q 6

Comment s'appelle ce filtre ?

Quelle est la valeur de la résistance ?

Violet

Blanc

Rouge

A : filtre bouchon B : filtre en Pi

C : filtre série D : filtre passe-bande

A : 7,9 k Ω B : 792 Ω C : 5,9 Ω D : 590 Ω

Q 7

Q 8

Quelle est la valeur de R ?

Quelle est l'intensité au secondaire

5 V

200 V

50 V

R

10 k Ω

I = 2 A

I = ?

15 V

A : 30 k Ω B : 20 k Ω C : 10 k Ω D : 5 k Ω

A : 250 mA B : 500 mA C : 8 A D : 800 mA

Q 9

Q 10

Comment se nomment les ondes de la gamme

Que représente ce synoptique ?

de fréquence de 30 à 300 MHz ?

A : décamétriques B : hectométriques

RF

Discriminateur

AF

A : Émetteur FM

C : métriques D : décimétriques

B : récepteur FM sans conversion

C : récepteur AM sans conversion

D : récepteur hétérodyne

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

- 205 -

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 : $15.106 (F) \times 1.10^{-9} (C) = 15.10^{-3} \times 2x [\pi] = 94,248.10^{-3} [1/x] = 10,610.100 \text{ soit } 10,6$

formule simplifiée : $Z (\Omega) = 159 \div 15 (F \text{ en MHz}) \div 1 (C \text{ en nF}) = 10,6$

en écriture naturelle : $1 \div (2x [\pi] \times 15.106 (F) \times 1.10^{-9} (C)) = 10,610.100 \text{ soit } 10,6$

Q 2 Référence : T2-2 Réponse : B

U crête à crête = 14,1 V => $U_{\text{max}} = U_{\text{càc}} / 2 = 14,1 / 2 = 7,05 \text{ V}$

=> $U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} \times 0,707 = 7,05 \times 0,707 = 5 \text{ V}$

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 : $16 (dB) \div 10 = 1,6 [10x] = 39,81 \times 5 (P) = 199,5 \text{ arrondi à } 200$

ou, en écriture naturelle : $5(P) \times (10^{(16 (dB) \div 10)}) = 199,5 \text{ arrondi à } 200$

Q 5 Référence : T4-5 Réponse : B

Q 6 Référence : T1-5 Réponse : A

violet = 7

blanc = 9 ==> $79 \times 10^2 = 7900 = 7,9 \text{ k}\Omega$

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

- 206 -

Série n° 45

Thème : Technique

Temps : 7 minutes

Q 1

Q 2

Comment s'appelle l'étage marqué "?"

Comment s'appelle un étage démodulateur

AF

de classe G3E ?

Modulateur

?

Filtre

A : Détection B : Détecteur de produit

Oscil

C : Discriminateur D : Mélangeur

A : Amplificateur de puissance B : Ampli AF

C : Mélangeur D : FI

Q 3

Q 4

Quelle est la résistance interne "Ri" de la pile ?

Quelle est la formule exacte ?

Fém = 9 V

A : 100 Ω

B : 1 kΩ

Ri = ?

C : 80 Ω

A : $P = U^2 / R$ B : $U = R / I$

D : 1,125 Ω

8 V

R

C : $U = \sqrt{(P / R)}$ D : $R = \rho \times L \times s$

10 mA

Q 5 Quel est le facteur de sélectivité de ce filtre ?

Q 6

0 dB

-3 dB

400 W

4 W

dB ?

-60 dB

3600 3650 3690 3700 3710 3750 3800

A : 5 B : 10 C : 20 D : 100

A : 60 dB B : 26 dB C : 20 dB D : 10 dB

Q 7

Q 8 Combien de temps fonctionne la pile

Quel est le calibre de ce Voltmètre ?

sachant que sa capacité est de 6 Ah ?

$I_{\max} = 1 \text{ mA}$

$r_i = 1000 \Omega$

100Ω

$99 \text{ k}\Omega$

G

$F_{\text{ém}} = 10 \text{ V}$

900Ω

A : 1 V B : 100 V C : 1000 V D : 100 mV

A : 6 heures B : 600 h C : 0,1 h D : 0,06 h

Q 9

Q 10

A l'extrémité du brin d'une antenne quart d'onde, on a :

Quelle est l'intensité au secondaire de ce

transformateur ?

A : U maximum et I minimum

500 V

100 V

B : U = 0 et I = 0

5 A

I = ?

C : I maximum et U = 0

D : U et I maximum

A : 1 A B : 25 A C : 10 A D : 2,5A

POINTS : _____ 15/30

- 207 -

Réponses Série 45

Q 1 Référence : T11-5 Réponse : A

Q 2 Référence : T12-2 Réponse : C

Q 3 Référence : T3-3 Réponse : A

$$R=U/I \Rightarrow R_i = (E-U)/I = (9-8)/0,01 = 1/0,01 = 100 \Omega$$

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

$$\text{Rapport} = 400/4 = 100$$

$$2 \Rightarrow 20 \text{ dB}$$

0

$$\text{sur une calculatrice : } 400 \text{ (PS)} \div 4 \text{ (PE)} = 100 \text{ [LOG]} = 2 \times 10 = 20$$

$$\text{ou, en écriture naturelle : } 10 \text{ [LOG]} (400 \text{ (PS)} \div 4 \text{ (PE)}) = 20$$

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

$$N = U_s/U_p = 100/500 = 0,2$$

$$I_s = I_p/N = I_p / 0,2 = 5/0,2 = 25 \text{ A}$$

- 208 -

Série n° 46

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Quel est le gain total ?

Quelle est la puissance du transformateur ?

100 V

50 V

6 dB

4 dB

2 A

A : 50 VA B : 400 VA

A : 10 dB B : 24 dB C : 20 dB D : 18 dB

C : 100 VA D : 25 VA

Q 3

Q 4

Quel est ce filtre ?

Quelle est la valeur

de cette résistance ?

Rouge

Marron

Gris

A : Bouchon B : Passe haut

A : 81 k Ω B : 8,1 k Ω

C : Passe bas D : Filtre série

C : 812 Ω D : 9100 Ω

Q 5

Q 6

Comment s'appellent les ondes de fréquence 150 MHz ?

Quelle est la classe de cette modulation ?

A : Décamétriques

t

B : Métriques

C : Décimétriques

D : Kilométriques

A : J3E B : F3E C : R3E D : A3E

Q 7

Q 8 Quelle est la valeur efficace ?

25 V

18 V

U_{max}

10 k Ω

R = ?

1 mA

0 V

A : 25 k Ω B : 10 Ω C : 10 k Ω D : 15 k Ω

A : 36 V B : 12,7 V C : 25,5 V D : 18 V

Q 9

Q 10 Comment s'appelle l'étage marqué "?"

Quelle est la capacité équivalente ?

RF

Mél

?

Démod

AF

10 nF

VFO

0,1 μ F

A : Ampli FIB : Discriminateur

A : 10,1 nF B : 110 pF C : 110 nF D : 0,101 μ F

C : Filtre à quartz D : Modulateur

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

- 209 -

Réponses Série 46

Q 1 Référence : T4-1 Réponse : A

6 dB + 4 dB = 10 dB ; les dB s'additionnent

Q 2 Référence : T3-1 Réponse : C

$P_p = P_s = U_s \times I_s = 50V \times 2 A = 100 VA$

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 $\Rightarrow 81 00 = 8100 \Omega = 8,1 k\Omega$

Rouge 2

Q 5 Référence : T9-2 Réponse : B

$300 / 150 MHz = 2 m \Rightarrow$ métriques

Q 6 Référence : T12-1 Réponse : D

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 : $R = U / I = 25 / 1 mA = 25/0,001 = 25.000 = 25 k\Omega$

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

- 210 -

Série n° 47

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Quelle est la puissance de sortie ?

Quelle est la puissance dissipée par la
résistance R ?

R

20 V

200 V

1 W

P = ?

1 A

20 dB

Rendement = 100%

A : 20 W B : 400 W

A : 20 W B : 100 W C : 21 W D : 16 W

C : 80 W D : 200 W

Q 3

Q 4

Comment s'appellent les ondes de 30 kHz à 300 kHz

Quelle est la formule fautive ?

A : kilométriques

$$A : U = P / I$$

B : myriamétriques

$$B : R = P / I^2$$

C : métriques

$$C : P = U^2 \times R$$

D : hectométriques

$$D : U = \sqrt{P \times R}$$

Q 5

Q 6 Dans ce récepteur BLU, comment

Comment s'appelle cette classe d'émission ?

s'appelle l'étage "?"

Mélangeur

Équilibré

RF

Mél

FI

AF

t

VFO

?

A : BFO B : Discriminateur

A : AM B : BLU C : CW D : FM

C : Ampli HF D : FI

Q 7 R équivalente ?

Q 8

6 A

100 Ω

100 Ω

10 Ω

50 Ω

I = ?

200 Ω

A : 100 Ω B : 200 Ω C : 400 Ω D : 50 Ω

A : 1 A B : 5 A C : 10 A D : 4 A

Q 9

Q 10

Quelle est la quantité d'électricité dans le condensateur C ? Fréquence de ce signal ?

1 μF

10 V

0

5 μs

10 μs

A : 1 MHz B : 500 kHz

A : 10 μ C B : 10 A C : 10 μ A D : 0,1 C

C : 200 kHz D : 5 MHz

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

- 211 -

Réponses Série 47

Q 1 Référence : T4-1 Réponse : B

20

1) $1 \times 100 = 100$; $100 \times 1 \text{ W} = 100 \text{ W}$

$\times 10^2 = \times 100$)

sur une calculette : $20 \text{ (dB)} \div 10 = 2 \text{ [10x]} = 100 \times 1 \text{ (P)} = 100$

ou, en écriture naturelle : $10 \wedge (20 \text{ (dB)} \div 10) = 100$

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

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 : $1 \div (1 \div 10 \text{ (R1)} + 1 \div 50 \text{ (R2)}) = 8,33$

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 μ secondes (ou 5 périodes en 10 μ s) => 1 période en 2 μ s

$F = 1/t = 1/2\mu\text{s} = 1/0,000002 = 500.000 = 500 \text{ kHz}$

Sur une calculette : $2 \cdot 10^{-6} \text{ (t)} [1/x] = 500.103 \text{ soit } 500 \text{ k}$

Ou, en écriture naturelle : $1 \div 2 \cdot 10^{-6} \text{ (t)} = 500.103 \text{ soit } 500 \text{ k}$

- 212 -

Série n° 48

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2 Comment s'appelle l'étage marqué "?"

Dans une antenne Yagi :

?

Mél

FI

Discrim AF

A : les éléments directeurs sont les plus longs

B : le fait d'ajouter des éléments augmente l'impédance

du brin rayonnant

OL

C : l'élément réflecteur est le plus long

A : Ampli RF B : Démodulateur

D : l'angle d'ouverture de l'antenne dépend de la

C : Oscillateur de battement de fréquence

longueur des éléments directeurs

D : Détection

Q 3

Q 4

15 V

16 W

4 W

? dB

5 k Ω

70 k Ω

I = ?

Quel est le gain de l'amplificateur ?

A : 2 mA B : 5 mA C : 200 μ A D : 0,02 A

A : 4 dB B : 12 dB C : 6 dB D : 3 dB

Q 5 Un fil a une résistance connue. Quelle est la

Q 6

résistance du même fil qui a une longueur double ?

Quelle est la puissance dissipée dans R

17 Vmax

470 Ω

A : x 2 B : x 4 C : / 2 D : / 4

A : 307 mW B : 25,6 mW

C : 615 mW D : 712 mW

Q 7 Quelle est la valeur de la résistance ?

Q 8

Quelle est la formule vraie ?

A : 380Ω

Orange

B : $3,8 \text{ k}\Omega$

Gris

A : $I = U^2 / R$

C : $3,6 \text{ k}\Omega$

Rouge

D : 362Ω

B : $P = P / R$

C : $R = U / I$

D : $U = P \times I$

Q 9 Quelle est la quantité d'électricité emmagasinée ?

Q 10

dans le condensateur

100 V

1 μF

Quelle est la longueur d'onde de la

fréquence 14.025 kHz ?

A : 100 μC B : 0,0001 A C : 0,01 mC

D : aucune car le condensateur explose

A : 21,39 m B : 10,16 m

C : 5,35 m D : 20 m

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

- 213 -

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

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

$R = \rho \times L / s$; si $L \times 2$, alors $R \times 2$

Q 6 Référence : T2-2 et T1-2 Réponse : A

$U_{\text{eff}} = 17 V_{\text{max}} \times 0,707 = 12,019 V_{\text{eff}}$

$P = U^2/R = (12,019)^2/470 = 144,46/470 = 0,307 = 307 \text{ mW}$

Q 7 Référence : T1-5 Réponse : B

Orange : 3)

Gris : 8) => $38 \times 10^2 = 3800 = 3,8 \text{ k}\Omega$

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

$L(\text{m}) = 300 / F(\text{MHz}) = 300/14,025 = 21,39 \text{ m}$

- 214 -

Série n° 49

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1

Q 2

Quelle est la résistance

$E = 9 \text{ V}$

interne de la pile ?

Au centre d'un dipôle demi-onde, on a :

A : 10Ω

$R_i = ?$

B : 800Ω

C : 100Ω

A : $U = 0$ et $I = 0$

D : 80Ω

R

B : U_{max} et I_{max}

10 mA

8 V

C : U_{max} et $I = 0$

D : $U = 0$ et I max

Q 3 De quelle distorsion est affecté le signal de sortie ? Q 4

Quelle est la formule fausse ?

Signal d'entrée

Signal de sortie

A : $R_T = (R_1 + R_2)/(R_1 \times R_2)$

F

Ampli RF

F

B : $P = U^2 / R$

C : $P = R \times I^2$

A : Distorsion harmonique B : Distorsion d'amplitude

D : $P = U \times I$

C : Distorsion de fréquence D : Pas de distorsion

Q 5

Q 6

Quelle est la capacité équivalente ?

Pour un courant sinusoïdal de 10 volts efficaces,

quelle est la tension crête-à-crête ?

1 μ F

1,2 μ F

A : 2,2 μ F B : 545 nF C : 545 μ F 2,2 nF

A : 14,1 V B : 28,3 V C : 20 V D : 30 V

Q 7

Q 8

Quel est le gain de l'amplificateur ?

Quel est le filtre passe-bande ?

A B

10 mW

2 W

? dB

C

D

A : 200 dB B : 23 dB C : 31 dB D : 20 dB

Q 9

Q 10

On utilise un microphone à capacité variable monté

Que démodule

sur un oscillateur pour générer de :

ce récepteur ?

HP

RF

CAG

AF

Osc Loc

Mél

FI

Détection

A : l'AM B : la CW C : la FM D : la BLU

A : AM B : CW C : FM D : BLU

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

- 215 -

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

$$C_T = (C_1 \times C_2)/(C_1 + C_2) = (1 \times 1,2)/(1 + 1,2) = 1,2/2,2 = 0,545 \mu\text{F} = 545 \text{ nF}$$

$$\text{Sur une calculette : } 1 \div (1 \div 1.10^{-6} (C_1) + 1 \div 1,2.10^{-6} (C_2)) = 545,45.10^{-9} \text{ soit } 545 \text{ nF}$$

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

$$\text{rapport} = 2 \text{ W}/10 \text{ mW} = 200 \text{ donc } 23 \text{ dB}$$

$$\text{sur une calculette : } 2 (PS) \div 10.10^{-3} (PE) = 200 [\text{LOG}] = 2,301 \times 10 = 23,01 \text{ arrondi à } 23 \text{ dB}$$

$$\text{ou, en écriture naturelle : } 10 [\text{LOG}] (2 (PS) \div 10.10^{-3} (PE)) = 23,01 \text{ arrondi à } 23 \text{ dB}$$

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 => 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.

- 216 -

Série n° 50

Thème : Technique

Temps : 15 minutes

Q 1 Quelle est l'affirmation vraie ?

Q 2

Quel est le type de modulation représentée ?

A : un multiplicateur RF est souvent monté en classe C

B : le spectre d'un signal passant par un multiplicateur

t

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 A : AM B : FM C : CW D : BLU

multiplicateur par 2 suivi d'un multiplicateur par 3

Q 3

Q 4

Orange

A : 35 Ω

1 W

20 W

Violet

? dB

B : 370 Ω

Noir

C : 37 Ω

D : 25 Ω

Quel est le gain de cet amplificateur ?

A : 20 dB B : 2 dB C : 13 dB D : 31 dB

Q 5

Q 6

Quelles sont les valeurs des entrées de cette

Quelle est la formule fausse ?

porte logique ?

E1

NON ET

Sortie = 0

A : $P = U^2 / R$

E2

B : $I = U / R$

C : $P = R / P$

A : $E1 = 1$ et $E2 = 1$ C : $E1 = 0$ et $E2 = 1$

D : $R = r \times L / s$

B : $E1 = 1$ et $E2 = 0$ D : $E1 = 0$ et $E2 = 0$

Q 7

Q 8

Quelle est l'intensité I ?

Calculer la tension U

100 Ω

1 A

15 V

100 Ω

50 Ω

I = ?

50 Ω

U = ?

A : 2 A B : 1,5A C : 3A D : 1A

A : 10V B : 15V C : 7,5V D : 22,5V

Q 9 Quelle est la capacité équivalente ?

Q 10 Quelle est la tension moyenne ?

18 V

15 μ F

0 V

1000 nF

A : 1,015 μ F B : 1015 nF C : 16000 nF D : 1,06 μ F

A : 25,5 V B : 12,7 V C : 0 V D : 36 V

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

- 217 -

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

Q 3 Référence : T1-5 Réponse : C

Orange => 3)

Violet => 7) $37 \times 100 = 37 \Omega$

Noir => 0)

Q 4 Référence : T4-1 Réponse : C

20 donc 13 dB

sur une calculette : 20 (Rapport) $[\text{LOG}] = 1,301 \times 10 = 13,01$ arrondi à 13

ou, en écriture naturelle : $10 [\text{LOG}] 20$ (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

$$U_R = R_2 \times I_{R2} = 100 \times 1 = 100 \text{ V}$$

$$I_{R1} = U_R / R_1 = 100 / 50 = 2 \text{ A}$$

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} = 2 \text{ A} + 1 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

Ou, plus empirique : il passe dans R1 deux fois plus de courant que dans R2 car elle est deux fois plus faible, donc $I_{R1} = 2A$ donc $I_T = 1+2 = 3 \text{ A}$.

Q 8 Référence : T1-7 Réponse : D

$$I = U_{R1}/R_1 = 15/100 = 0,15 \text{ A}$$

$$U_T = R_T \times I = (100+50) \times 0,15 = 150 \times 0,15 = 22,5 \text{ V}$$

Q 9 Référence : T2-3 Réponse : C

$$C_T = C_1 + C_2 = 15 \mu\text{F} + 1000 \text{ nF} = 15000 \text{ nF} + 1000 \text{ nF} = 16000 \text{ nF}$$

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.

- 218 -

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.10b ou aEb, 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 calculette 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 : $27,5E^{-2} + 7,25E^{-1} =$

Multipliation

E : $103 \times 102 =$

F : $25.102 \times 4.103 =$

G : $4,38.103 \times 2,4.10^{-2}$

H : $14E^{-6} \times 2E^4$

Fraction

I : $32.104 =$

8.102

J : $3.103 =$

4.10^{-2}

K : $0,250.10^{-3} =$

$0,050.10^{-2}$

L : $3.10^{-2} =$

2.104

De plus en plus compliqué...

M : $103 \times 102 =$

105

N : $3.102 \times 4.10^{-4} =$

2.10^{-3}

O : $27.10^{-3} \times 8.102 =$

104×3.10^{-3}

P : $(5.10^{-3} + 2.10^{-2}) \times 4.103 =$

$10^{-2} \times (25.102 + 7,5.103)$

$-219 -$

Réponses Hors Série

Addition

A : $2.10^{-3} + 7.10^{-2} = 0,002 + 0,07 = 0,072 = 72.10^{-3}$ ou $2.10^{-3} + 70.10^{-3} = (70 + 2).10^{-3} = 72.10^{-3}$

B : $3.102 + 5.10^{-1} = 300 + 0,5 = 300,5 = 3005.10^{-1}$ ou $3000.10^{-1} + 5.10^{-1} = 3005.10^{-1} = 300,5.100$

C : $3,75.103 + 0,625.104 = 3750 + 6250 = 10.000 = 104$ ou $375.101 + 625.101 = (375+625).101 = 1000.101$
 $= 104 = 10.103$

D : $27,5E^{-2} + 7,25E^{-1} = 0,275 + 0,725 = 1 = 100$ ou $275E^{-3} + 725E^{-3} = 1000E^{-3} = 1E(3-3) = 1E0 = 1$

Multiplication

E : $103 \times 102 = 1000 \times 100 = 100.000 = 105$ ou $10(2+3) = 105 = 100.103$

F : $25.102 \times 4.103 = (25 \times 4).10(2+3) = 100.105 = 107$ ou $2500 \times 4000 = 10.000.000 = 107 = 10.106$

G : $4,38.103 \times 2,4.10^{-2} = (4,38 \times 2,4).10(3-2) = 10512.101 = 10,512 \times 10 = 105,12$ ou $4380 \times 0,024 = 105,12$

H : $14E^{-6} \times 2E^4 = (14 \times 2)E(-6+4) = 28E^{-2} = 0,28$ ou $0,000014 \times 20000 = 0,28 = 280.10^{-3}$

Fraction

I : $32.104 = (32 / 8).10(4-2) = 4.102 = 400$ ou $320000 / 800 = 400$

8.102

$$J : 3 \cdot 10^3 = (3/4) \cdot 10^{(3-(-2))} = 0,75 \cdot 10^{(3+2)} = 0,75 \cdot 10^5 = 75 \cdot 10^3 \text{ ou } 3000 / 0,04 = 75000 = 75 \cdot 10^3$$

4.10-2

$$K : 0,250 \cdot 10^{-3} = 25 \cdot 10^{-5} / 5 \cdot 10^{-4} = (25/5) \cdot 10^{(-5-(-4))} = 5 \cdot 10^{-1} = 0,5 \text{ ou } 0,00025 / 0,0005 = 0,5 = 500 \cdot 10^{-3}$$

0,050.10-2

$$L : 3 \cdot 10^{-2} = (3/2) \cdot 10^{(-2-4)} = 1,5 \cdot 10^{-6} = 15 \cdot 10^{-7} \text{ ou } 0,03 / 20000 = 0,0000015 = 15 \cdot 10^{-7} = 1500 \cdot 10^{-9} = 1,5 \cdot 10^{-6}$$

2.104

De plus en plus compliqué...

$$M : 10^3 \times 10^2 = 10^{(3+2-5)} = 10^0 = 1 \text{ ou } (1000 \times 100) / 100000 = 100000 / 100000 = 1$$

105

$$N : 3 \cdot 10^2 \times 4 \cdot 10^{-4} = (3 \times 4/2) \cdot 10^{(2-4-(-3))} = (3 \times 2) \cdot 10^{(2-4+3)} = 6 \cdot 10^1 = 6 \times 10 = 60 \text{ ou } (300 \times 0,0004) / 0,002 = 60$$

2.10-3

$$O : 27 \cdot 10^{-3} \times 8 \cdot 10^2 = (27 \times 8/3) \cdot 10^{(-3+2-4+3)} = (9 \times 8) \cdot 10^{-2} = 0,72 \text{ ou } (0,027 \times 800) / (10000 \times 0,003) = 104 \times 3 \cdot 10^{-3}$$

$$= 21,6/30 = 0,72 = 720 \cdot 10^{-3}$$

$$P : (5 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-2}) \times 4 \cdot 10^3$$

$$10^{-2} \times (25 \cdot 10^2 + 7,5 \cdot 10^3)$$

$$= [(5 \cdot 10^{-3} + 20 \cdot 10^{-3}) \times 4 \cdot 10^3] / [10^{-2} \times (25 \cdot 10^2 + 75 \cdot 10^2)] = [(5+20) \cdot 10^{-3} \times 4 \cdot 10^3] / [10^{-2} \times (25+75) \cdot 10^2]$$

$$= (25 \times 4) \cdot 10^{(-3+3)} / (25+75) \cdot 10^{(-2+2)} = (100/100) \cdot 10^{(0+0)} = 1 \cdot 10^0 = 1$$

$$\text{ou } [(0,005 + 0,02) \times 4000] / [0,01 \times (2500 + 7500)] = (0,025 \times 4000) / (0,01 \times 10000) = 100 / 100 = 1$$

- 220 -