



Royaume du Maroc

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

OFFICE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE ET DE LA PROMOTION DU TRAVAIL

MODULE 03

Circuits Électriques

Résumé de Théorie

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com
Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique : [MODULES ISTA](#)

Première Année

*Programme de Formation des Techniciens Spécialisés
en Électronique*

DIRECTION DE LA RECHERCHE ET INGENIERIE DE LA FORMATION

Septembre 1995

TABLE DES MATIÈRES

2. ÉTUDIER DES CIRCUITS RC EN COURANT CONTINU ET EN COURANT ALTERNATIF	2-1
2.1 Introduction: fabrication et fonctionnement des condensateurs	2-1
2.1.1 Fabrication et fonctionnement	2-1
2.1.2 L'unité et la caractéristique	2-1
2.2 La codification des condensateurs	2-2
2.2.1 La codification de la valeur nominale	2-2
2.2.2 La codification de la tolérance	2-3
2.3 Le condensateur dans un circuit à c.c.	2-4
2.3.1 Le condensateur en régime transitoire	2-4
2.3.2 Cas spécial avec source de courant constante	2-6
2.3.3 Condensateurs en série et en parallèle	2-6
2.3.4 Énergie emmagasinée dans un condensateur	2-6
2.4 Réseaux RC en régime impulsionnel	2-6
2.4.1 Caractéristiques de l'onde rectangulaire	2-6
2.4.2 Circuit intégrateur	2-9
2.4.3 Circuit différentiateur	2-11
2.5 Réseaux RC en courant alternatif	2-13
2.5.1 Vecteurs de Fresnels	2-13
2.5.2 Réactance capacitive	2-14
2.5.3 Analyse d'un réseau RC	2-15
2.6 Filtres passifs RC du 1er ordre	2-16
2.6.1 Filtre passe-bas	2-16
2.6.2 Filtre passe-haut	2-19
2.7 Exercices	2-21

2. Étudier des Circuits RC en courant continu et en courant alternatif

2.1 Introduction: fabrication et fonctionnement des condensateurs

Jusqu'à maintenant, il n'a été question que d'un seul composant passif, la résistance. Nous allons maintenant étudier un autre composant passif, le condensateur qui se distingue de la résistance tant par son usage et son fonctionnement que par sa fabrication.

2.1.1 Fabrication et fonctionnement

Deux corps conducteurs séparés par un isolant constituent un condensateur. Les armatures, lorsqu'elles sont chargées, s'attirent l'une de l'autre. Elles doivent être retenues mécaniquement par l'isolant ou le diélectrique. Plus les armatures d'un condensateur sont près l'une de l'autre, plus grande est la force d'attraction entre elles.

La *capacité* est la mesure de l'aptitude du condensateur à emmagasiner des charges sur ses armatures. La capacité d'un condensateur est de 1 Farad, si une différence de potentiel de 1 volt entre ses armatures y dépose une charge de 1 Coulomb.

$$C = Q / U$$

où

C = Capacité en Farads

Q = Charge en Coulombs

U = Différence de potentiel en Volts

L'effet du diélectrique est de créer un champs électrique qui s'oppose à celui établi par les charges libres accumulées sur les armatures parallèles. Qu'il y ait un diélectrique ou non, le champs électrique doit, pour une tension donnée, toujours demeurer le même. Le fait d'insérer un diélectrique diminue le champs de force et ceci oblige une augmentation des charges sur les armatures pour le rétablir. Il y a donc une augmentation de la capacité.

Pour tout diélectrique, il existe une tension sous laquelle le diélectrique est percé par un courant. On dit alors que le diélectrique claque. La tension par unité de longueur sous laquelle se produit le claquage est une indication de la *rigidité diélectrique de l'isolant*: elle est appelée la *tension de claquage*.

2.1.2 L'unité et la caractéristique

- Unité: Farads (F)
- Caractéristique principale: le condensateur s'oppose aux variations brusques de tension.

2.2 La codification des condensateurs

La codification des condensateurs nous informe sur deux choses:

- 1- la valeur nominale du condensateur (exprimée en farads);
 - 2- la tolérance admise quant à l'écart entre la valeur nominale annoncée et la valeur réelle du condensateur (exprimée en %).
1. pour la valeur nominale:
 - i) la codification alphanumérique;
 - ii) les codifications à l'aide d'un code numérique (principalement de trois types: en pF, en μ F, avec facteur de multiplication);
 2. Pour la tolérance:
 - i) la codification numérique;
 - ii) la codification à l'aide de lettres de l'alphabet.

2.2.1 La codification de la valeur nominale

La codification alphanumérique

La codification alphanumérique des condensateurs consiste simplement à inscrire, directement sur le condensateur, l'information pertinente à l'aide de lettres et de chiffres. Ce mode de codification est privilégié lors de la fabrication des condensateurs électrolytiques, car ces derniers sont habituellement de fortes dimensions.

Ce type de codification permet d'autre part l'ajout d'informations absentes des condensateurs codés autrement: la tension de maintien maximale (parfois notée WVDC pour Working Voltage DC), la plage de température admissible (ou encore la température maximale) pour laquelle les caractéristiques et le fonctionnement du condensateur sont garantis, l'identification de la borne négative, parfois la tolérance en clair, le nom du fabricant (un peu de publicité...).

Dernière remarque, les condensateurs ainsi codés utilisent seulement le μ F comme unité de capacité.

Les codifications à l'aide d'un code numérique

Ce type de codification revêt principalement trois formes: la codification en pF, la codification en pF suivie d'un facteur de multiplication et, finalement, la codification en μ F.

La codification en pF

La codification en pF consiste à inscrire la valeur de la capacité directement sur le condensateur, à l'aide de chiffres, sans toutefois donner d'indications sur l'unité de mesure (le pico Farad étant ici implicite). Cette codification fait appel à des nombres entiers seulement. Il n'est toutefois pas usuel de rencontrer des valeurs comprises entre 100 pF et 1000 pF avec ce type de codification.

Par exemple, les codes 1500 J, 68 K et 47 Z, doivent être interprétés comme suit: respectivement 1500 pF, 68 pF et 47 pF.

La codification en pF suivie d'un facteur de multiplication

Cette codification fait toujours appel à des nombres de trois chiffres. Les deux premiers sont significatifs et doivent être associés à une valeur en pF. Quant au troisième, il désigne le nombre de zéros à ajouter aux deux chiffres significatifs qui le précèdent.

Par exemple, le code 103 M doit être traduit par: 10 pF auquel nous ajoutons trois zéros, soit 10000 pF. La valeur du condensateur ainsi codé est donc de 10 000 pF, ce qui est égal à 10 nF ou encore à 0.01 μ F.

La codification en μ F

La codification en μ F consiste à inscrire la valeur de la capacité directement sur le condensateur, à l'aide de chiffres, sans toutefois donner d'indications sur l'unité de mesure (le micro Farad étant ici implicite). Cette codification fait appel à des nombres fractionnaires seulement (plus petits que 1): les valeurs ainsi codées sont donc toujours inférieures à 1 μ F.

Par exemple, les codes .01 M, .5 J et .15 K, doivent être interprétés comme suit: respectivement 0.01 μ F, 0.5 μ F et 0.15 μ F.

2.2.2 La codification de la tolérance**La codification numérique**

Cette codification numérique de la tolérance consiste à inscrire, directement sur le condensateur, l'information pertinente à l'aide de chiffres. Par exemple: $\pm 5\%$.

La codification à l'aide de lettres de l'alphabet

Il s'agit ici de substituer à la codification numérique, laquelle nécessite l'utilisation de trois caractères, une lettre de l'alphabet (un seul caractère) que l'on doit interpréter.

Voici la clef de ce code:

J = $\pm 5\%$ K = $\pm 10\%$ M = $\pm 20\%$ Z = +80%, -20%

2.3 Le condensateur dans un circuit à c.c.

2.3.1 Le condensateur en régime transitoire

Le circuit de la Figure 2-1 a été conçu pour permettre la charge et la décharge du condensateur s'y trouvant.

Fonctionnement : Interrupteur en position #1: Charge, en position #2: Décharge

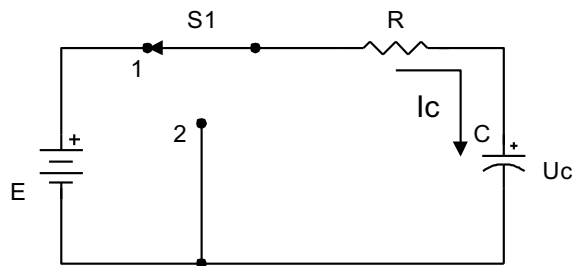


Figure 2-1 Circuit théorique de charge et de décharge.

Si on observe la progression de tension aux bornes du condensateur, on retrouve le graphique de $U_c(t)$ (en %) suivant:

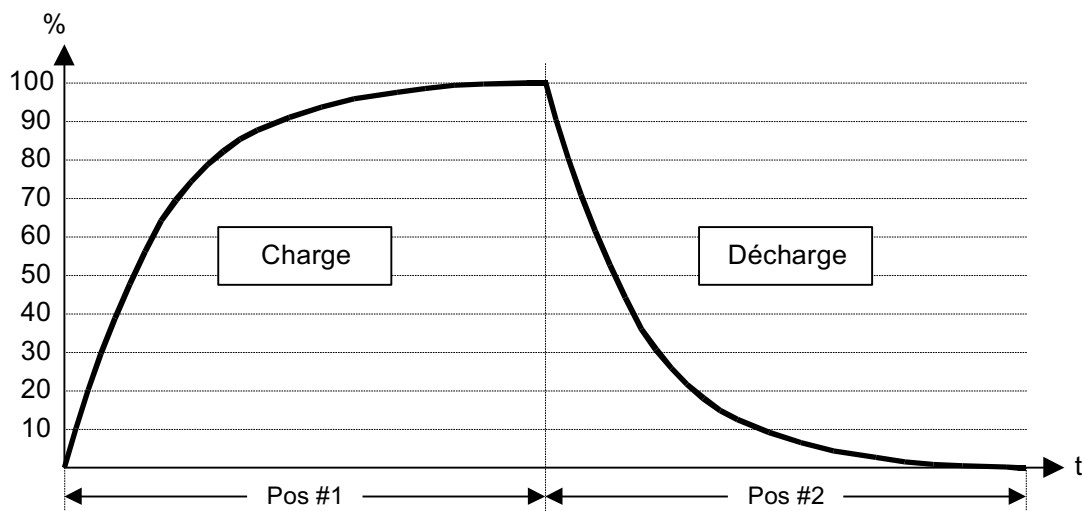
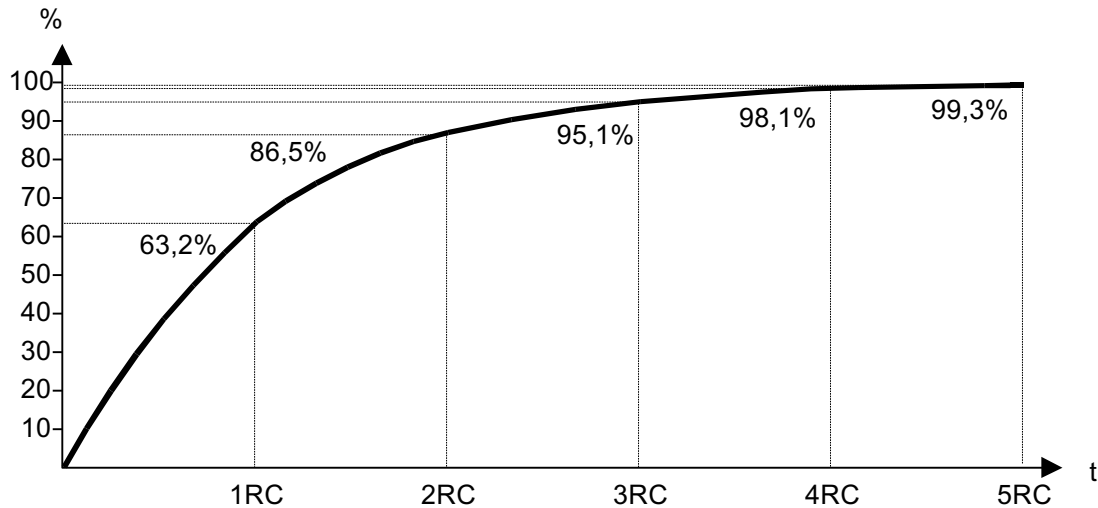
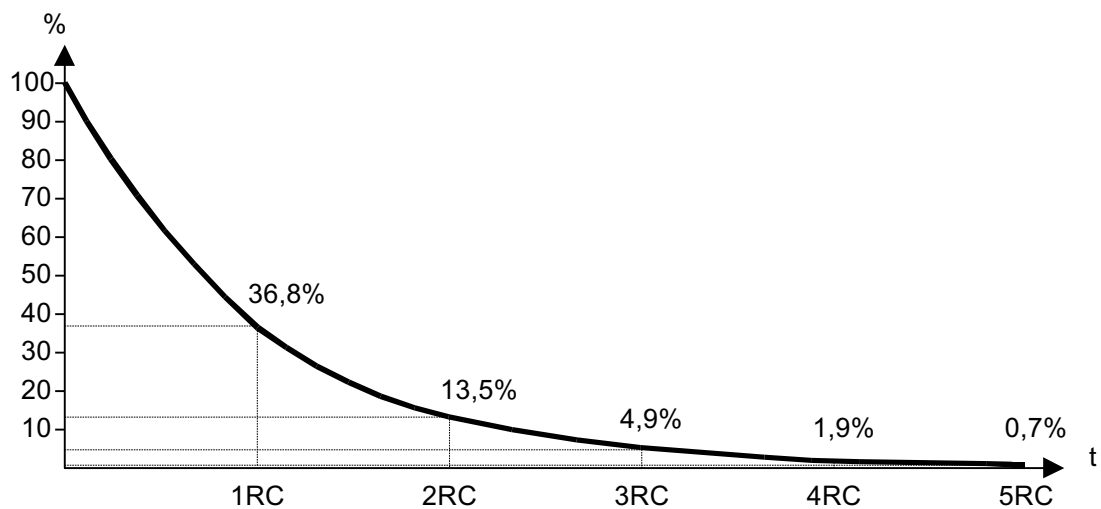


Figure 2-2 Allure d'une charge et d'une décharge de condensateur.

On estime que le condensateur sera chargé après $5 \times RC$. On parle ordinairement du produit RC comme étant **la constante de temps** du circuit. Cette constante de temps est symbolisée par la lettre grecque τ (tau).

Figure 2-3 Charge du condensateur en 5τ .Figure 2-4 Décharge du condensateur en 5τ .

On estime aussi que le condensateur prendra 5τ afin d'être déchargé. En fait, décharger un condensateur veut dire le charger vers 0 volt. Il existe une fonction mathématique permettant de calculer la tension aux bornes du condensateur à n'importe quel moment:

$$U_C(t) = E_f - (E_f - E_0) * e^{-t/\tau}$$

OÙ:

U_C = la tension aux bornes du condensateur;
 E_f = la tension vers laquelle le condensateur tend;
 E_0 = la tension de départ aux bornes du condensateur;
 e = nombre népérien: 2.71828182844...;
 t = le temps en secondes;
 τ = la constante de temps du circuit (RC).

2.3.2 Cas spécial avec source de courant constante

Si l'intensité du courant qui traverse un condensateur est constante, alors la tension aux bornes de celui-ci répond à:

$$\Delta V_C = I \Delta t / C$$

Le condensateur se charge alors de façon linéaire.

Exemple Si un condensateur de 1000 uF, initialement chargé à 1,5V, est alimenté par une source de courant lui fournissant 1 mA continu, quelle sera la tension aux bornes de ce condensateur après 10 secondes?

Solution initialement $U_C = 1,5V$; après 10 secondes $U_C = 1,5V + ((1mA * 10 sec.) / 1000uF) = 11,5V$.

2.3.3 Condensateurs en série et en parallèle

Tout comme les résistances, les condensateurs se montent en série et en parallèle.

En série: on additionne l'inverse des capacités.

En parallèle: on additionne directement les capacités.

2.3.4 Énergie emmagasinée dans un condensateur

Un condensateur (idéal) ne dissipe pas l'énergie qu'il reçoit. Il l'emmagasine plutôt sous la forme d'un champ électrique. Cette énergie croît selon le carré de la tension à ses bornes. Voici la relation mathématique la quantifiant:

$$W_c = C \times E^2 / 2 \text{ (Joules)}$$

2.4 Réseaux RC en régime impulsionnel

2.4.1 Caractéristiques de l'onde rectangulaire

Dans les circuits électroniques numériques, la forme d'onde la plus courante est rectangulaire, ou onde impulsionnelle. Pour en faire le «traitement», il est essentiel d'en connaître les différents paramètres. La Figure 2-5 représente ce type d'onde:

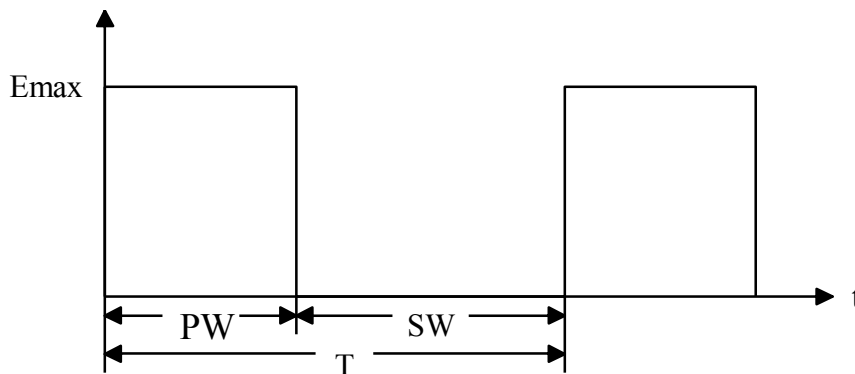


Figure 2-5 Onde rectangulaire

Les paramètres importants sont:

- PW:** «Pulse Width» ou largeur d'impulsion. Cette valeur correspond à la durée de l'impulsion. Sa valeur est donnée en temps (secondes). PW correspond généralement au temps haut de l'onde.
- SW:** «Space Width» ou espace entre deux impulsions. Cette valeur correspond au temps entre deux impulsions. Sa valeur est donnée en temps (secondes). SW correspond généralement au temps bas de l'onde.
- T:** La période. Le temps que dure un cycle. Elle correspond à la somme de PW et SW.

Valeur moyenne d'une onde rectangulaire

On se rappelle:

$$\text{Valeur moyenne} = \frac{\text{La somme algebrique des aires}}{\text{La periode}}$$

$$E_{\text{moyen}} = \frac{E_{\text{max}} \times PW}{T}$$

Coefficient d'utilisation

Le coefficient d'utilisation d'une onde rectangulaire est le rapport (en pourcentage) entre PW et T.

$$\text{Coefficient d'utilisation (\%)} = \frac{PW}{T} \times 100\%$$

La valeur moyenne de l'onde peut être exprimée en fonction du coefficient d'utilisation:

$$E_{\text{moyen}} = \frac{E_{\text{max.}} \times PW}{T}$$

$$E_{\text{moyen}} = E_{\text{max.}} \times \frac{\text{coeff.d'util. (\%)}}{100}$$

Exemple: soit la figure suivante :

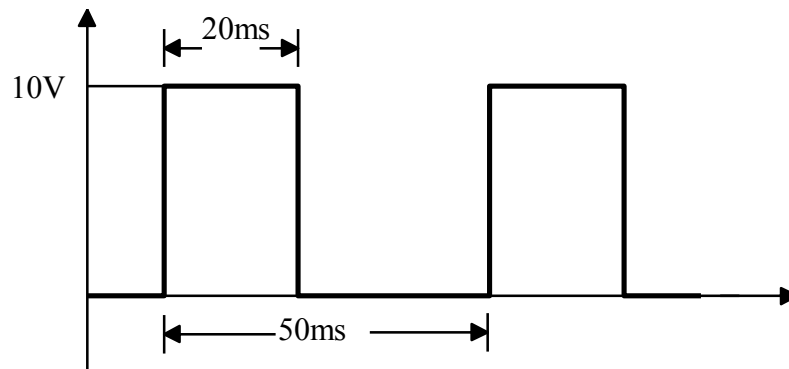


Figure 2-6

- Quelle est la valeur de PW?
- Quelle est la valeur de T?
- Quelle est la valeur de SW?
- Quelle est la valeur de E max.?
- Quelle est la valeur du coefficient d'utilisation %?
- Quelle est la valeur de E moy.?

Solutions

PW	=	20 msec.
T	=	50 msec.
SW	=	$T - PW = 50 \text{ msec.} - 20 \text{ msec.} = 30 \text{ msec.}$
E max.	=	10 volts
Coeff. d'util. %	=	$(PW/T) \times 100\%$
	=	$(20 \text{ msec.}/50 \text{ msec.}) \times 100\% = 40 \%$
E moy.	=	$E \text{ max.} \times \text{Coeff. d'util.} \%$
	=	$10 \text{ volts} \times 40 \% = 4 \text{ volts.}$

2.4.2 Circuit intégrateur

Un intégrateur est un réseau électronique permettant d'obtenir à sa sortie la valeur moyenne de l'onde ($E_{\text{moy.}}$).

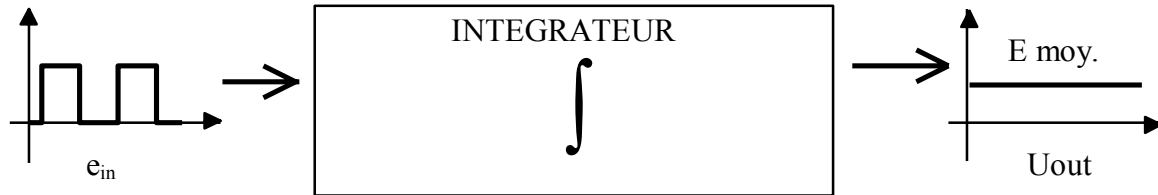


Figure 2-7 Fonction du réseau intégrateur

Un intégrateur est réalisé à partir d'un réseau RC. En effet, un condensateur «s'oppose» aux variations de tension (constante de temps longue). On retrouve donc aux bornes du condensateur une tension correspondante à la valeur moyenne de la forme d'onde d'entrée.

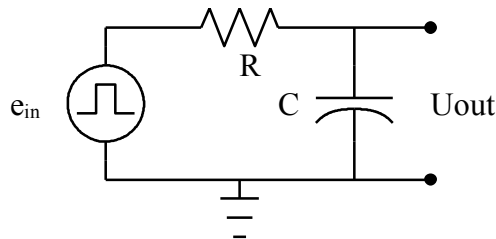


Figure 2-8 Circuit intégrateur

La condition à respecter pour obtenir un bon intégrateur est que la constante de temps (τ) du réseau intégrateur soit au moins 10 fois supérieure à la largeur d'impulsion (PW) de l'onde carrée (e_{in}) traitée.

Exemple: Examinons le réseau de la Figure 2-9:

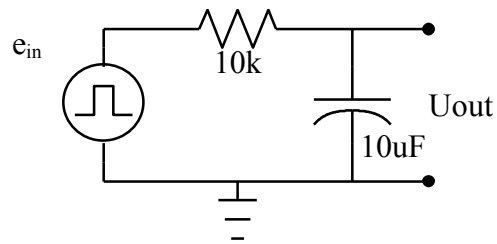


Figure 2-9

où e_{in} est une onde rectangulaire d'amplitude variant de 0 à 10V avec une période de 2 ms et un coefficient d'utilisation de 50%.

$$\tau = RC = 10\text{ K} \times 10\text{ }\mu\text{F} = 100\text{ msec.}$$

$$5\tau = 5 \times 100\text{ msec.} = 500\text{ msec.}$$

$$E_{\text{moy.}} = 10\text{ V} \times 50\% = 5\text{ volts}$$

La constante de temps étant très longue, le condensateur atteint la tension moyenne ($E_{\text{moy.}}$) et y reste. La tension de sortie (U_{out}) est la tension moyenne.

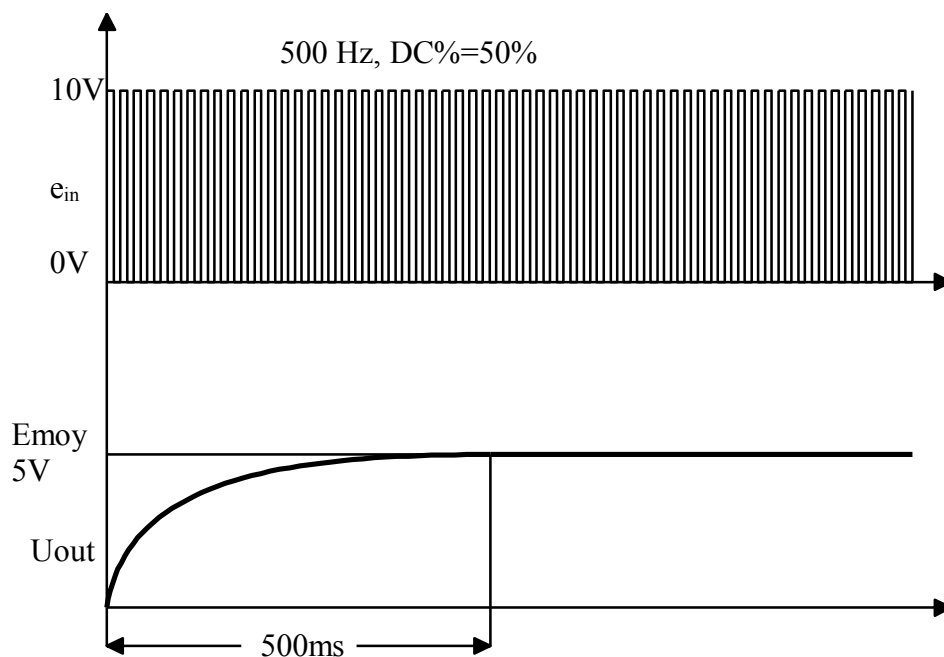


Figure 2-10

2.4.3 Circuit différentiateur

Un différentiateur est un réseau électronique permettant d'obtenir à sa sortie des impulsions lors des "fronts" de montée et de descente de l'onde rectangulaire appliquée à l'entrée de celui-ci.

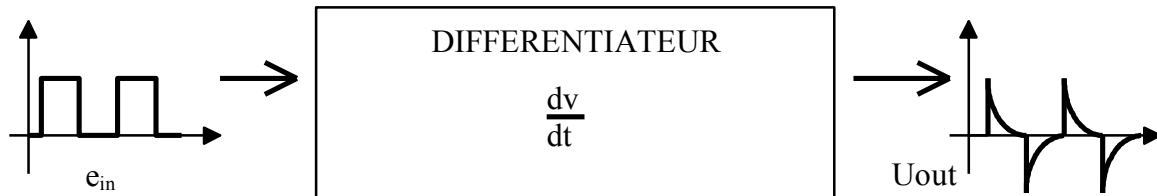


Figure 2-11 Fonction d'un différentiateur

Un différentiateur est réalisé à partir d'un réseau RC. La sortie est prise aux bornes de la résistance, la tension aux bornes de celle-ci étant causée par le courant de la charge du condensateur. On retrouve donc une tension à la sortie lorsqu'une variation de tension est présente à l'entrée du réseau.

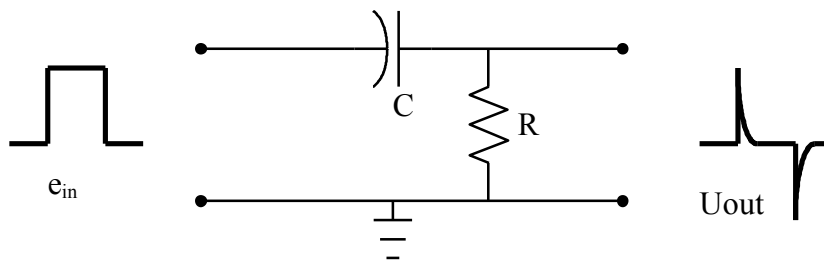


Figure 2-12 Circuit différentiateur

Dans le cas du réseau différentiateur, la condition à respecter pour obtenir les résultats désirés est que la constante de temps ($\tau = RC$) du réseau soit au moins 10 fois plus petite que la largeur d'impulsion (PW) de l'onde d'entrée (e_{in}).

Exemple: Examinons le réseau de la Figure 2-13:

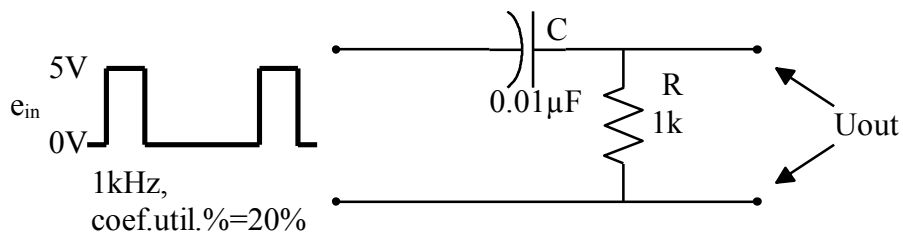


Figure 2-13

$$\begin{aligned}
 t &= 1K \times 0.01 \mu F = 10 \text{ msec.} \\
 5\tau &= 5 \times 10 \mu\text{sec.} = 50 \mu\text{sec.} \\
 T &= 1/1 \text{ kHz} = 1 \text{ msec.} \\
 PW &= 1 \text{ msec.} \times 20 \% = 0.2 \text{ msec.}
 \end{aligned}$$

La constante de temps étant très courte par rapport à PW, la charge du condensateur sera rapide. Une impulsion de courte durée (5τ) apparaît à la sortie au moment des fronts de montée et de descente de l'onde rectangulaire présente à l'entrée. On y retrouve les formes d'onde suivantes:

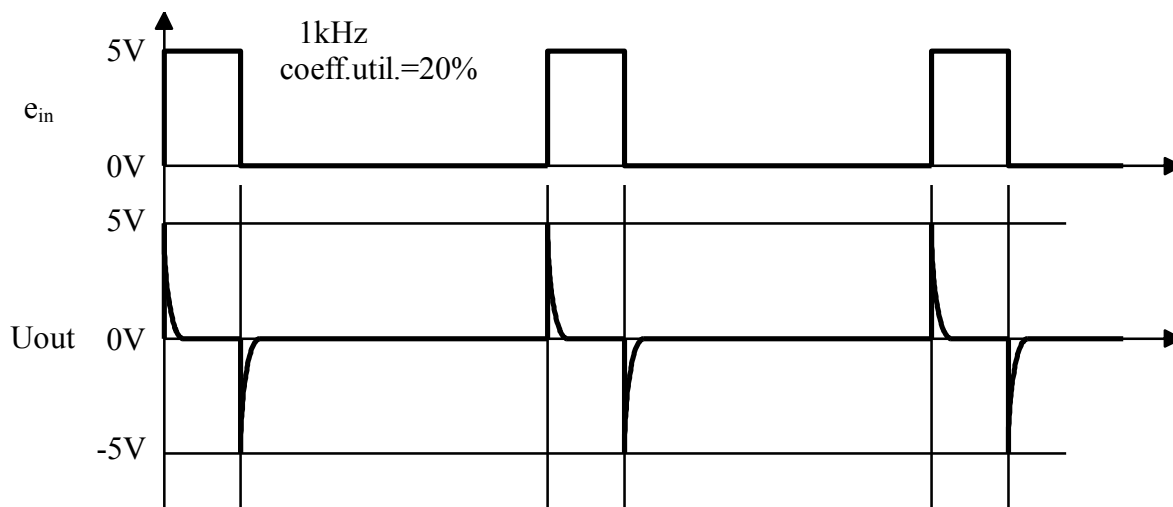


Figure 2-14

2.5 Réseaux RC en courant alternatif

2.5.1 Vecteurs de Fresnels

Ces notions sont nécessaires à l'application des lois d'Ohm et de Kirchhoff dans les réseaux alternatifs. Les vecteurs de Fresnels permettent de représenter les impédances (Z), les réactances (X_L ou X_C), les courants (i) et les tensions (e) en tenant compte de la fréquence d'opération. Ils peuvent se présenter sous deux formes : rectangulaire ou polaire.

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{C} & = & \mathbf{A} & + & \mathbf{jB} & = & C\angle\theta \\
 \uparrow & & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\
 \text{nb} & & \text{partie} & & \text{partie} & & \text{Erreur ! Les} \\
 \text{complexe} & & \text{réelle} & & \text{imaginaire} & & \text{arguments} \\
 & & & & & & \text{du} \\
 & & & & & & \text{commutateur} \\
 & & & & & & \text{n'ont pas été} \\
 & & & & & & \text{spécifiés.} \\
 & & & & & & \uparrow \\
 & & & & & & \text{sous forme} \\
 & & & & & & \text{polaire} \\
 \hline
 & & & & & & \\
 & & & & & & \text{sous forme rectangulaire}
 \end{array}$$

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) \text{ ou } \arctan\left(\frac{B}{A}\right)$$

$$A = C \cos \theta$$

$$B = C \sin \theta$$

$$j = \sqrt{-1}$$

$$\frac{1}{j} = -j$$

2.5.2 Réactance capacitive

Le condensateur s'oppose aux variations de tensions. Alors, la tension alternative aux bornes d'un condensateur (e_c) varie plus lentement que le courant alternatif (i_c) qui le traverse.

Donc, i_c est en avance sur e_c . En fait, leur déphasage est de 90° :

$$e_c = E_{eff} \angle \theta$$

$$i_c = \frac{E_{eff}}{|X_c|} \angle \theta + 90^\circ$$

où X_C : - réactance du condensateur

- unité: ohm

- $X_C = 1/\omega C \angle -90^\circ$

où $\omega = 2\pi f$

et f : fréquence de l'onde alternative.

Exemple:

Un condensateur de $1\ \mu\text{F}$ utilisé dans un circuit traversé par une onde alternative, ayant pour fréquence $100\ \text{kHz}$, aura une réactance de:

$$X_C = 1/(2 * \pi (100 * 10^3) * (1 * 10^{-6}))$$

$$= 1,59\ \Omega \angle -90^\circ$$

2.5.3 Analyse d'un réseau RC

Soit le circuit suivant:

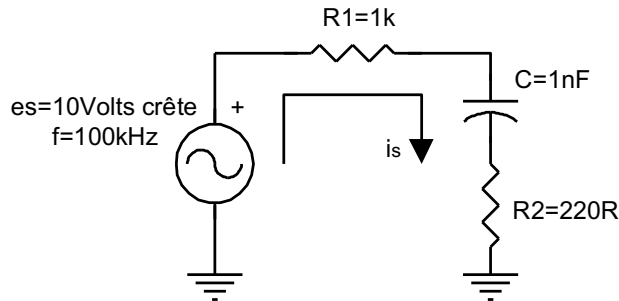


Figure 2-15 Circuit RC en c.a.

ici $X_C = 1,592 \text{ k}\Omega \angle -90^\circ$

alors l'impédance totale du circuit, $Z_T =$

$$(R_1 + R_2) - j(|X_C|)$$

$(1220 - j1592) \Omega$ sous forme rectangulaire

où $2005 \angle -52,5^\circ \Omega$

Le courant i_s traversant R_1 , R_2 et C sera de:

$$\begin{aligned} i_s &= \frac{e_s}{Z_T} = \frac{10 V_C}{2005 \Omega \angle -52,5^\circ} \\ &= 4,99 \text{ mA} \angle +52,5^\circ \end{aligned}$$

La tension aux bornes de chaque élément sera de:

$$u_{R1} = i_s \times R_1 = 4,99 V_C \angle +52,5^\circ \text{ déphasage de } 0^\circ \text{ avec } i_s$$

$$u_{R2} = i_s \times R_2 = 1,097 V_C \angle +52,5^\circ \text{ " " " "}$$

$$u_C = i_s \times X_C = 7,944 V_C \angle -37,5^\circ \text{ déphasage de } 90^\circ \text{ avec } i_s$$

On peut aussi vérifier que la loi des tensions de Kirchhoff soit respectée:

$$e_s = u_{R1} + u_{R2} + u_C$$

$$10 V_C \angle 0^\circ = 4,99 V_C \angle +52,5^\circ + 1,097 V_C \angle +52,5^\circ + 7,94 V_C \angle -37,5^\circ$$

sous forme rectangulaire:

$$\begin{aligned} 10 V_C &= (3,04 + j3,96)V_C + (0,668 + j0,870)V_C + (6,299 - j4,834)V_C \\ &= (3,04 + 0,668 + 6,299)V_C + j(3,96 + 0,87 - 4,834)V_C \end{aligned}$$

2.6 Filtres passifs RC du 1er ordre

Le rôle d'un filtre est de séparer les divers composants d'un mélange. Un filtre mécanique, par exemple, sépare les particules mélangées à un liquide ou sépare les petites particules des grandes. Un filtre électrique séparera les différentes composantes de diverses fréquences.

On met généralement à profit les caractéristiques en fréquences opposées des bobines et des condensateurs pour obtenir le filtrage désiré. À mesure que la fréquence croît, X_L augmente et X_C diminue.

2.6.1 Filtre passe-bas

Un filtre dit «passe-bas» est le filtre qui est en mesure de laisser passer les composants de plus basses fréquences de la tension appliquée pour développer une tension de sortie aux bornes de la résistance de charge, tandis que les fréquences plus élevées sont atténuées ou réduites dans le signal de sortie.

Un réseau R-C de type passe-bas est un diviseur de tension où la tension de sortie (u_o) est prise aux bornes du condensateur.

On sait que X_C est déterminée par la fréquence dans le circuit:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

La valeur de X_C diminue à mesure que la fréquence augmente, ceci signifie qu'à l'intérieur du réseau diviseur de tension formé de R et X_C , la tension présente aux bornes de X_C sera dépendante de la fréquence. Plus la fréquence est élevée, plus X_C est petite et, par conséquent, moindre est la tension à ses bornes et vice-versa.

Prenons comme exemple le circuit de la Figure 2-16 et remplissons un tableau des principaux paramètres du circuit en fonction de la fréquence.

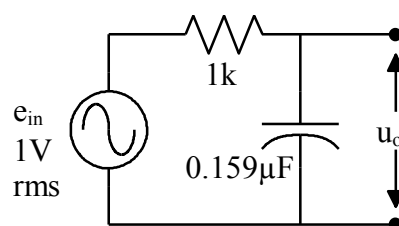


Figure 2-16 : Filtre passe-bas de type RC

Tableau 2-1

Fréquence	X_C	Z_t	u_o	u_o/e_{in}	dB	θ
10 Hz	100 k Ω	100 k $\angle -89,4^\circ$ 13	1 V	1	0 dB	-6°
100 Hz	10 k Ω	10 k $\angle -84,3^\circ$ 14	1 V	1	0 dB	-5.7°
500 Hz	2 k Ω	2k24 $\angle -63^\circ$ 15	.89 V	.89 V	-1 dB	-27°
1 kHz	1 k Ω	1k41 $\angle -45^\circ$ 16	.707 V	.707 V	-3 dB	-45°
2 kHz	500 Ω	1k12 $\angle -26^\circ$ 17	.45 V	.45 V	-7 dB	-63.4°
10 kHz	100 Ω	1 k $\angle -5,7^\circ$ 18	.1 V	.1 V	-20 dB	-84.3°
100 kHz	10 Ω	1 k $\angle -0,6^\circ$ 19	.01 V	.01 V	-40 dB	-89.4°

Si on examine ce tableau, on remarque premièrement de 10 Hz à 100 Hz que la tension de sortie (u_o) a la même amplitude que celle du générateur à l'entrée (e_{in}): X_C a une valeur ohmique qui est plus élevée en comparaison avec R. Nous voyons, de 2 kHz à 100 kHz, que la tension de sortie est faible comparativement à e_{in} et que cette tension diminue (u_o) à mesure que la fréquence augmente: car X_C a une petite valeur ohmique comparée à R. À 1 kHz, on remarque que $X_C = R = 1\text{ k}$ et que le gain est de .707 ou -3 dB. C'est la fréquence de coupure du circuit. On atteint la fréquence de coupure lorsque $X_C = R$. À cette fréquence, la puissance à la charge est la moitié de la puissance maximale disponible: $P = .707^2/R = 0.5/R$.

À la fréquence de coupure:

$$R = X_C = \frac{1}{2\pi f_c C} \quad (\text{fc veut dire fréquence de coupure}) \quad 20$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad 21$$

On voit donc que $u_o = e_{in}$ pour des fréquences en bas de f_c et que $u_o < e_{in}$ pour des fréquences de haut de f_c . C'est un passe-bas. Les calculs du déphasage sont inscrits dans le tableau précédent. On remarque à la fréquence de coupure, que le déphasage est de -45° .

Pour un circuit passe-bas, u_o/e_{in} sera toujours 0.707 ou -3 dB et le déphasage sera toujours -45° à la fréquence de coupure et ce, peu importe la valeur des composantes et l'amplitude de e_{in} .

Représentation grâce à un diagramme de Bode

Un diagramme de Bode est la traduction, sur un graphique, du comportement d'un circuit en fonction de la fréquence. Cela peut être une tension, un gain, un déphasage, un courant, une réactance, etc. Dans le cas qui nous intéresse, on veut traduire le gain en dB (A_v dB) et le déphasage de u_o en fonction de la fréquence.

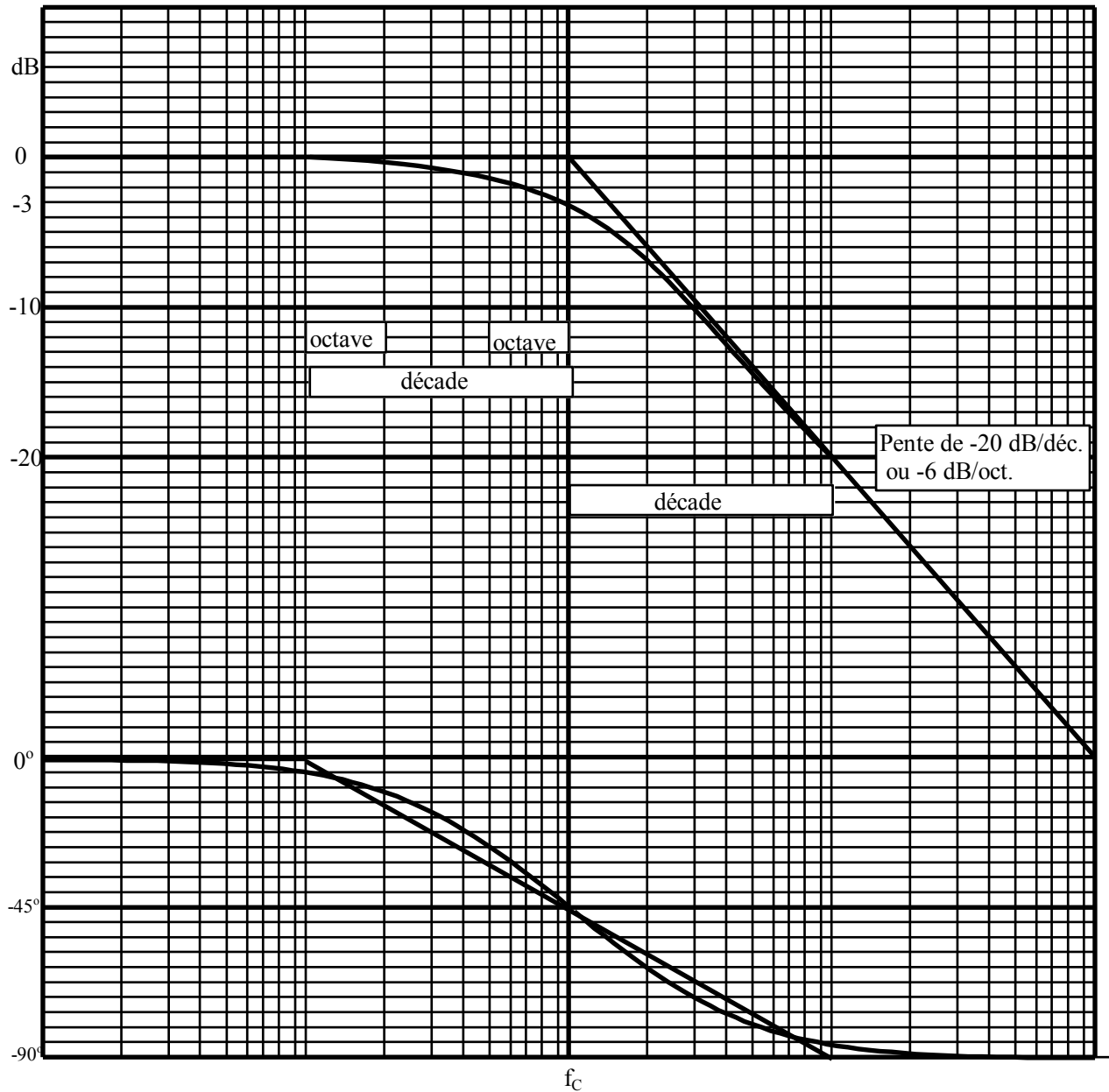


Figure 2-17 Diagramme de Bode d'un filtre passe-bas

2.6.2 Filtre passe-haut

Un filtre «passe-haut» est le filtre qui est en mesure de laisser passer les composants de plus hautes fréquences de la tension appliquée pour développer une tension de sortie aux bornes de la résistance de charge, tandis que les fréquences plus basses sont atténuées ou réduites dans le signal de sortie.

Le filtre ci-dessous représente un filtre passe-haut avec un condensateur et avec une résistance. Notez que la seule résistance se trouvant dans le circuit est celle de charge (R_L) aux bornes de laquelle on retrouve le signal de sortie.

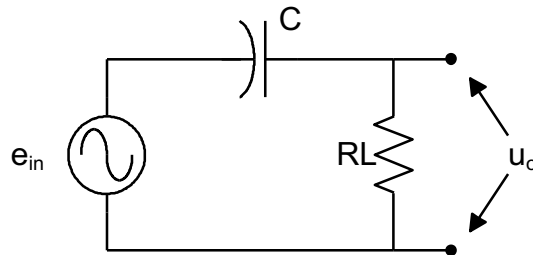


Figure 2-18 Filtre passe-haut de type RC

À mesure que la fréquence augmente, la valeur de X_C diminue. Le courant dans le circuit va en augmentant de même que la tension aux bornes de la résistance de charge. On atteint la fréquence de coupure lorsque $X_C = R$:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Représentation grâce à un diagramme de Bode

Pour un circuit passe-haut, le rapport u_o/e_{in} sera toujours de 0.707 ou -3 dB et le déphasage sera toujours de $+45^\circ$ à la fréquence de coupure.

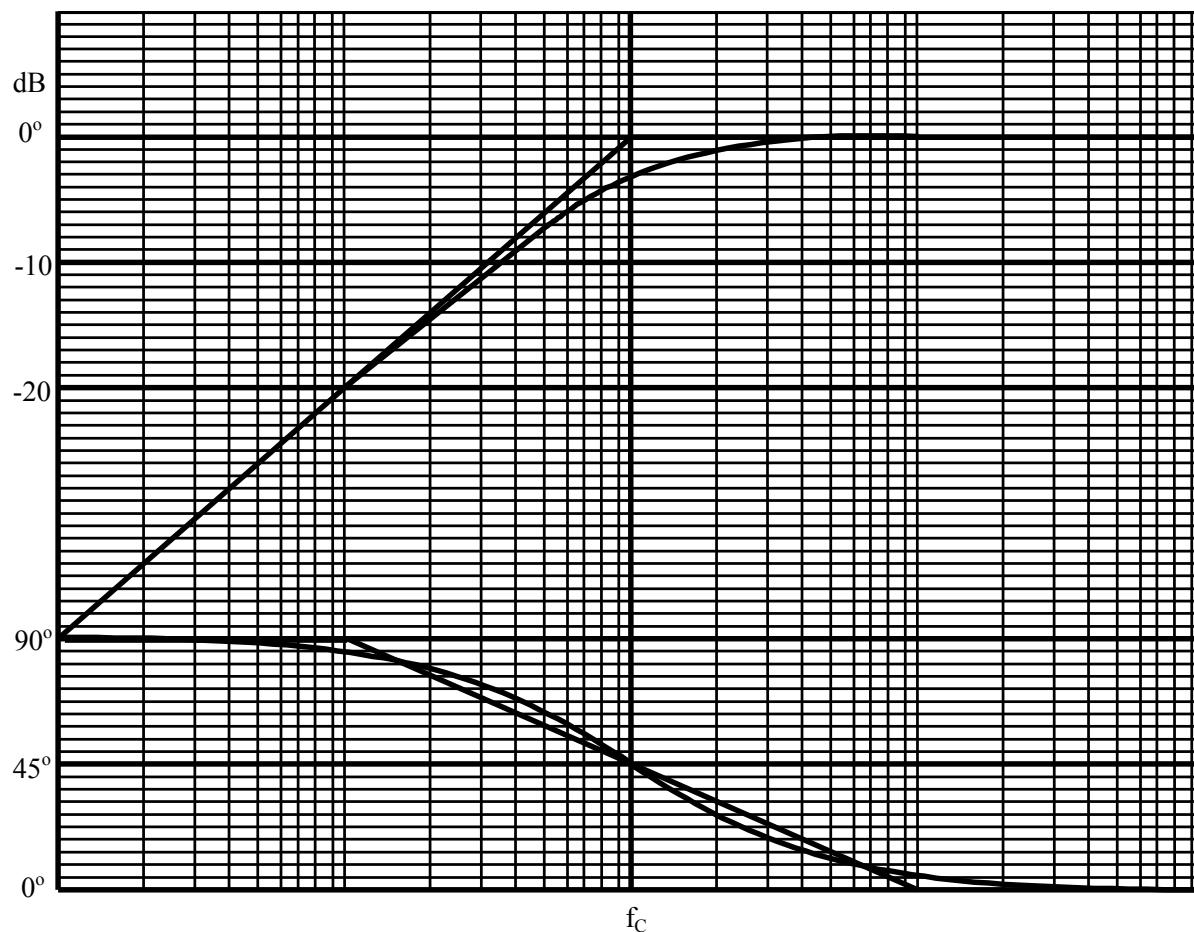


Figure 2-19 Diagramme de Bode d'un filtre passe-haut

2.7 Exercices

- # 1 - Un courant de 5 mA circule dans un condensateur de 25 μF durant 10 secondes. Que vaut alors la tension à ses bornes si initialement $U_C = 2$ volts?
- # 2 - Un courant de 20 mA circule durant 2 secondes dans un condensateur créant une différence de potentiel de 40 volts. Quelle est la capacité de ce condensateur?
- # 3 - Que vaut la constante de temps de ce réseau lorsque l'interrupteur est en position 1?

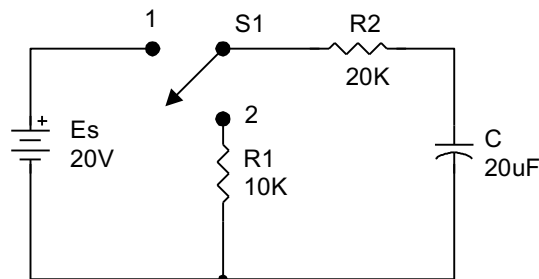


Figure 2-20 Exercice

- Quelle est la tension vers laquelle le condensateur tend à se charger?
 - Que vaut la tension aux bornes du condensateur après 3τ , si initialement $U_C = 0$ et que l'interrupteur est en position 1?
 - Combien de temps prendra-t-on avant que le voltage aux bornes du condensateur atteigne 15 volts lorsque l'interrupteur est en position 1 et que initialement $U_C = 0$?
 - Que vaut la constante de temps lorsque l'interrupteur est en position 2?
 - Que vaut la tension aux bornes du condensateur après 700 msec., si la tension aux bornes du condensateur était de 20 V lorsque l'interrupteur fut mis en position 2?
- # 4 - Calculez la capacité totale de:
- 3 condensateurs en série: 10 μF , 10 μF et 25 μF ;
 - 4 condensateurs en parallèle: 10 pF, 10 pF, 25 pF et 25 pF;
 - 2 condensateurs en parallèle (100 pF et 250 pF) placés en série avec un 3^{ème} de valeur égale à 500 pF.
- # 5 - Calculez la valeur du condensateur et de la résistance nécessaire afin de créer un réseau intégrateur capable d'extraire la valeur moyenne d'une onde rectangulaire d'amplitude variant de 0 à 10V avec une fréquence de 12kHz et un coefficient d'utilisation de 70%. Dessinez ce circuit.

6 - Examinez la figure suivante :

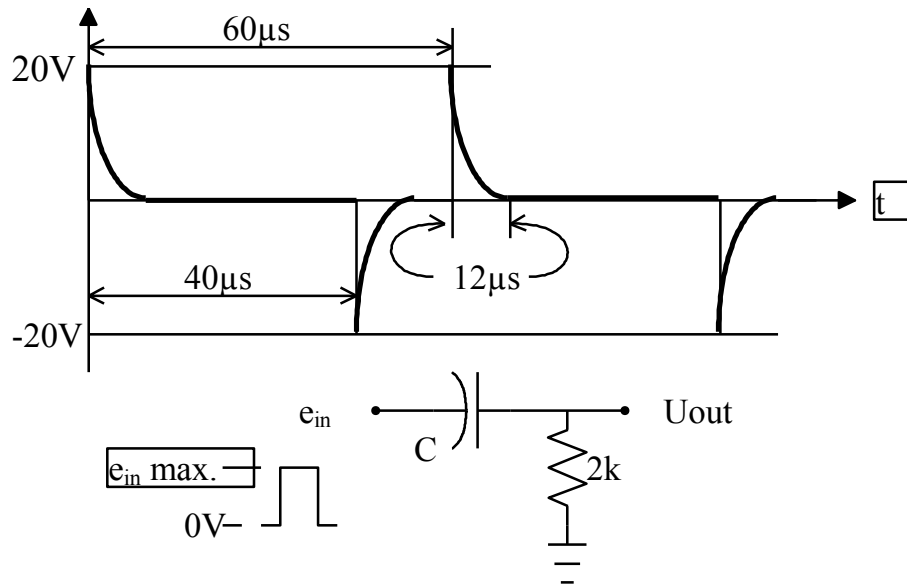


Figure 2-21

- | | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| a) $e_{in} \text{ max.} = ?$ | e) coeff.util.% = ? |
| b) $T = ?$ | f) $e_{in} \text{ moy} = ?$ |
| c) PW de $e_{in} = ?$ | g) Dessiner la forme d'onde e_{in} |
| d) SW de $e_{in} = ?$ | h) $C = ?$ |

- # 7 - Déterminez la réactance capacitive d'un condensateur de 100pF à 100kHz.
- # 8 - Au circuit de la Figure 2-22, calculez l'impédance totale (Z_T) vue par la source alternative si elle génère un sinus ayant une fréquence de 100kHz?
- # 9 - Quelle est la fréquence de coupure du circuit de la Figure 2-22?
- # 10 - Que valent U_o , A_v (dB) et le déphasage à la fréquence de coupure?
- # 11 - Que valent U_o , A_v (dB) et U_o à $f_c/10$, $f_c/2$, $2 \times f_c$ et $10 \times f_c$?
- # 12 - Tracez le diagramme de Bode (A_v vs fréq.) de ce circuit.
- # 13 - Si j'ajoute entre a et b une résistance de 2k Ω , quelle est alors la nouvelle fréquence de coupure?
- # 14 - Que vaut alors E_{th} ?
- # 15 - Tracez le diagramme de Bode de ce circuit.

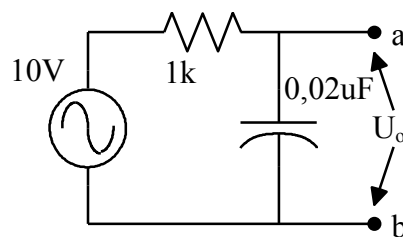


Figure 2-22 Exercice