

1° PARTIE : MONTAGE REDRESSEUR UNE ALTERNANCE

On considère le montage de la figure 1 où la diode D est supposée idéale (court-circuit si passante et circuit ouvert si bloquée). Le transformateur reliant le réseau E.D.F. au circuit redresseur est, vu du secondaire, équivalent à un générateur de tension parfait : $u(t) = U_m \sin(\omega t)$ avec $U_m = 20 \text{ V}$ et $f = 50 \text{ Hz}$.

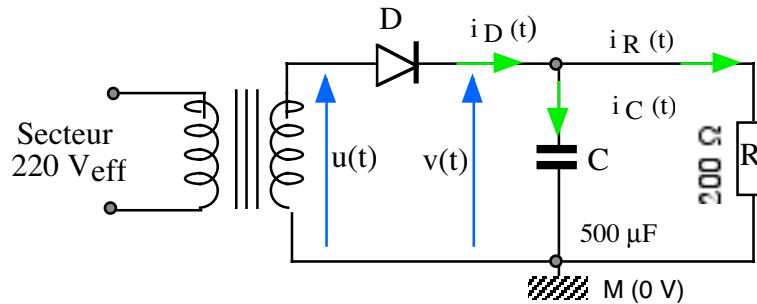


Figure 1

I) ETUDE DU MONTAGE SANS LA CAPACITE DE FILTRAGE C C

Tracer le graphe des tensions $u(t)$ et $v(t)$.

Déterminer la valeur moyenne V_{moy} de la tension $v(t)$ et en déduire la valeur du courant moyen I_{moy} circulant dans la résistance de charge R de 200Ω .

II) ÉTUDE DU MONTAGE AVEC CAPACITE DE FILTRAGE

1) RÉGIME TRANSITOIRE

À l'instant $t = 0$ où : $u(t) = 0 \text{ V}$, on suppose que la capacité est déchargée et la diode passante.

- Déterminer l'expression de la tension $v(t)$ et des courants : $i_R(t)$ et $i_C(t)$.
- Déterminer l'expression du courant $i_D(t)$ circulant dans la diode (figure 2).

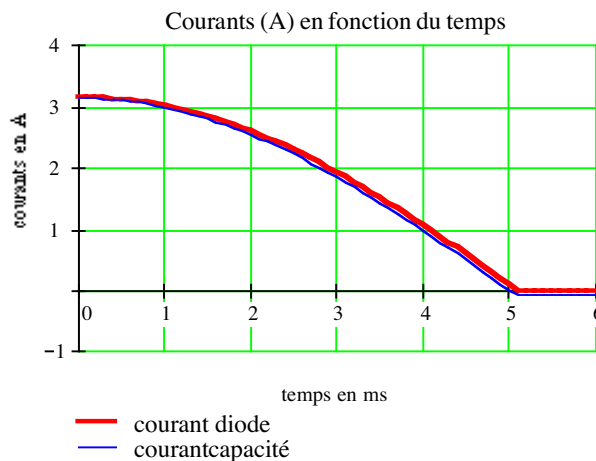


Figure 2 : courants diode et capacité C en régime transitoire

- c. En utilisant le graphe de Fresnel, calculer l'amplitude I_{Dm} du courant $i_D(t)$ et son déphasage Φ par rapport à $v(t)$.
- d. Calculer l'instant t_1 où la diode se bloque c'est-à-dire $i_D(t_1) = 0$ A. Déterminer à cet instant, le courant circulant dans le condensateur et dans la résistance R.

2) RÉGIME PERMANENT (figure 3)

On prend l'instant t_1 comme nouvel instant initial, qui par commodité sera pris égal à 5 ms.

A l'instant $t_1 + \epsilon$, la capacité garde sa charge alors que la tension $u(t)$ diminue : la diode D se bloque.

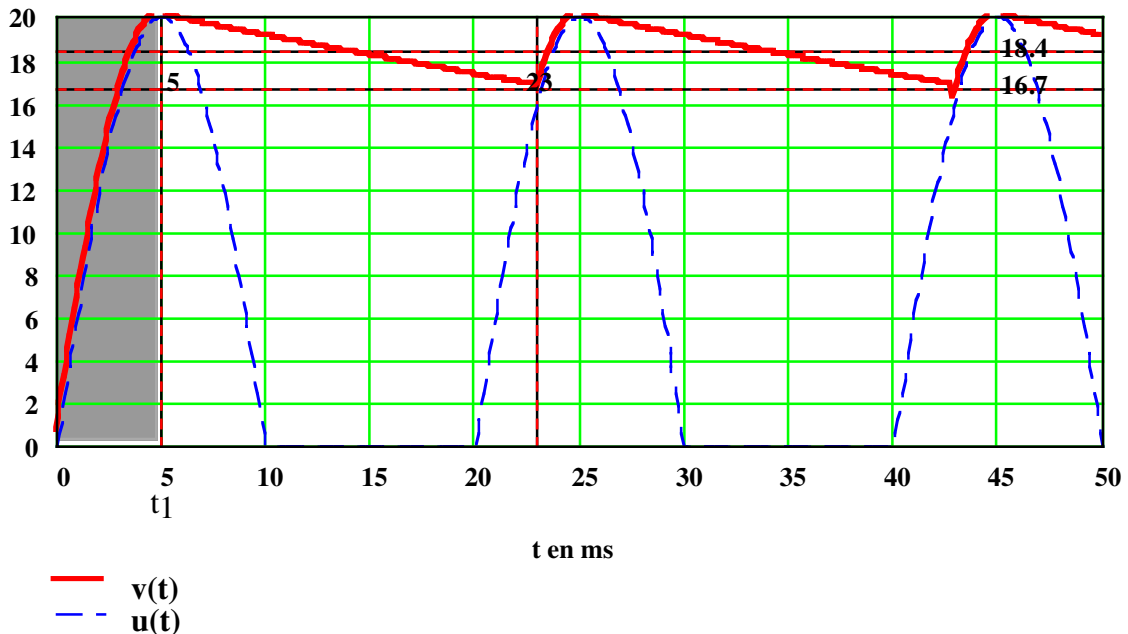


Figure 3 : Graphe des tensions du régime permanent

- a. Etablir l'expression de la tension $v(t)$ lorsque la diode est bloquée. Compte tenu de la valeur élevée de la constante de temps $\tau = RC$ devant la période T , le début de la décharge du condensateur C dans la résistance R peut être considérée comme linéaire (figure 3). Sachant que : $\exp(-x) \approx (1 - x)$ pour x faible, donner l'expression approchée de $v(t)$.
- b. Déterminer l'instant t_2 au bout duquel la diode redevient passante. Compte tenu de l'équation à résoudre, il est nécessaire de procéder soit par approximations successives ou bien d'utiliser une "méthode de zéro" avec une calculatrice. Donner la valeur du courant $i_c(t_2)$ lorsque la diode se met juste à conduire.
- c. Décrire l'évolution de la tension $v(t)$ après l'instant t_2 . Quelle est l'amplitude crête à crête de la « tension d'ondulation ΔV » ?
- d. Calculer la tension moyenne V_{moy} de la tension $v(t)$ en assimilant $v(t)$ à un segment de droite lorsque D est passante. Pour calculer l'intégrale donnant la tension V_{moy} , on utilisera la surface de deux trapèzes.
- e. **Evaluation pratique de la tension d'ondulation ΔV .**

Pour calculer la tension d'ondulation ΔV , on fait toujours un calcul approximatif en supposant que la capacité C se décharge à courant constant égal à I_{Rmoy} et ceci durant un

temps égal à la période T du signal. Dans ces conditions on écrit la loi fondamentale du condensateur :

$$I_{0\text{moy}} = C \frac{\Delta V}{T}$$

Déterminer l'expression de la tension d'ondulation crête à crête ΔV .

Pour justifier la méthode, comparer ΔV à sa valeur déterminée graphiquement (figure 3).

Remarque : l'expression précédente est toujours utilisée pour calculer la valeur d'un condensateur de filtrage dont la valeur normalisée est choisie dans une gamme dont le pas est large.

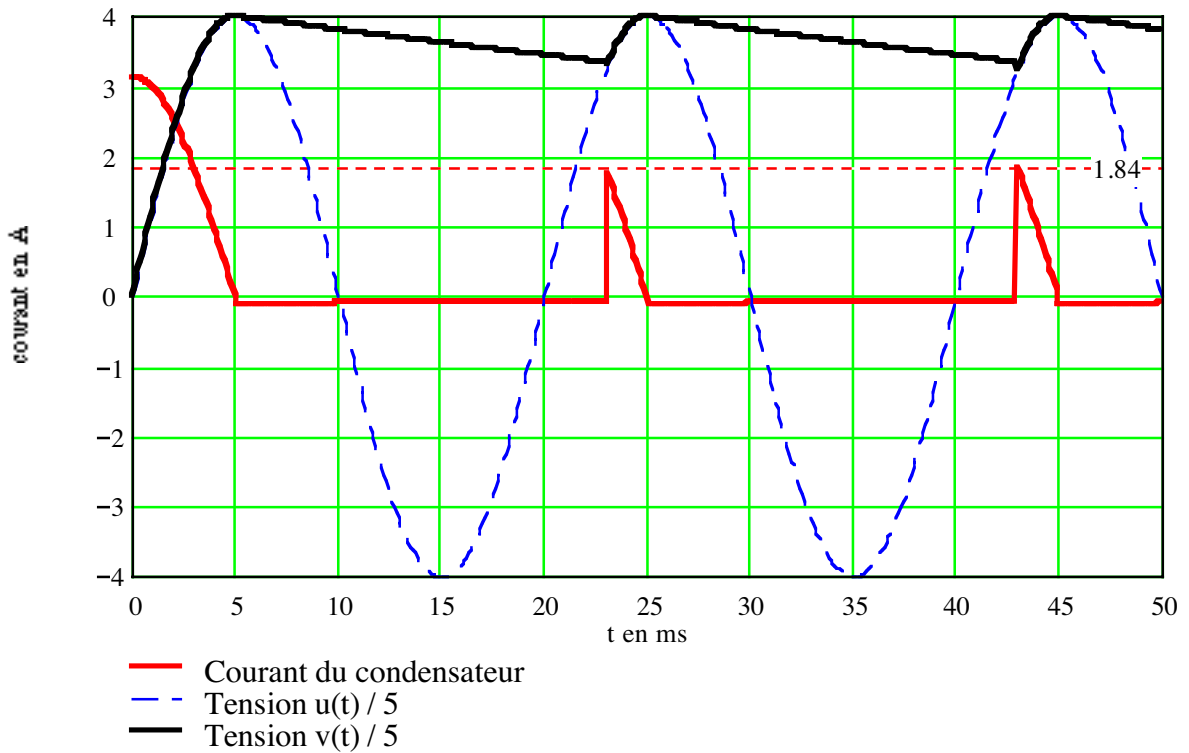


Figure 4

2° PARTIE : MONTAGE REDRESSEUR DEUX ALTERNANCES

Le montage redresseur deux alternances utilise un pont de diodes ou montage de Graetz (figure 5).

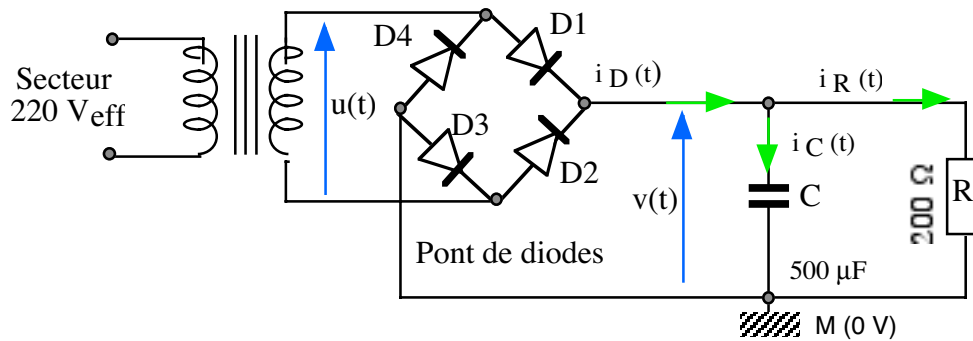


Figure 5

1) Pour ce montage, mener l'étude comme pour le montage redresseur une alternance. Quel est l'avantage de ce montage?

2) Application : on considère un montage redresseur deux alternances fonctionnant à partir du secteur via un transformateur et débitant un courant moyen maximum I_0 de 400 mA.

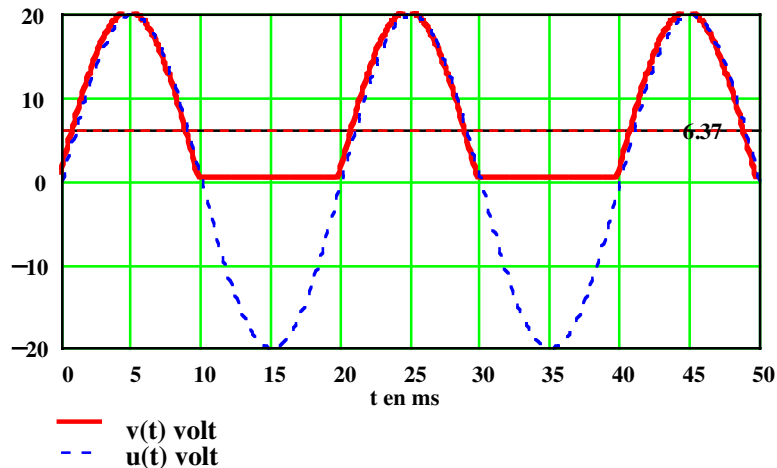
Quelle valeur doit avoir la capacité de filtrage pour limiter l'amplitude crête à crête de l'ondulation à 2 V dans le cas le plus défavorable ?

CORRECTION

1° PARTIE : MONTAGE REDRESSEUR UNE ALTERNANCE

I) ÉTUDE DU MONTAGE SANS LA CAPACITÉ DE FILTRAGE C

La diode est passante exclusivement durant l'alternance positive de la tension $u(t)$.



Graphe des tensions $u(t)$ et $v(t)$

Valeur moyenne de la tension $v(t)$: $V_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T U_m \sin(\omega t) dt$ $V_{moy} = \frac{U_m}{T} [-\cos(\omega t)]_0^{T/2} = \frac{U_m}{\pi}$

A.N. $V_{moy} = 6.3 \text{ V}$ $I_{moy} = \frac{V_{moy}}{R} = 31.8 \text{ mA}$

II) ÉTUDE DU MONTAGE AVEC CAPACITÉ DE FILTRAGE

1. REGIME TRANSITOIRE

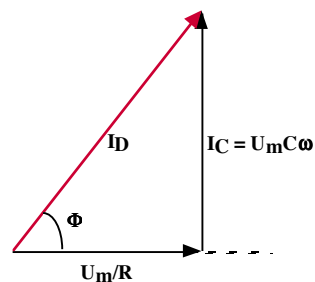
a. $v(t) = U_m \sin(\omega t)$ $i_R(t) = \frac{v(t)}{R}$

$$i_C = C \frac{dv(t)}{dt} = U_m C \omega \cos(\omega t) = U_m C \omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

b. Courant de diode : $i_D(t) = i_C(t) + i_R(t)$

$$i_D(t) = U_m C \omega \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) + \frac{U_m}{R} \sin(\omega t)$$

c. Graphe de Fresnel du courant de la diode :



Expression du courant de la diode : $i_D = I_{Dm} \sin(\omega t + \Phi)$

$$\text{Amplitude : } I_{Dm} = U_m \sqrt{\frac{1}{R^2} + (C\omega)^2} = 3,14 A$$

$$\text{Déphasage : } \tan(\Phi) = RC\omega = 10\pi \quad \Phi = 1,54 \text{ rd}$$

$$\text{Soit : } i_D = 3,14 \sin(\omega t + 1,54)$$

On remarquera la forte valeur du courant de diode au démarrage !

d. Calcul de l'instant t_1 où la diode se bloque c'est-à-dire que son courant devient nul :

$$i_D = 3,14 \sin(\omega t_1 + 1,54) = 0$$

On en déduit alors : $(\omega t_1 + 1,54) = 0$ ou π . Il convient de prendre la solution 0 ce qui entraîne :

$$t_1 = 5,1 \text{ ms. } I_C(t_1) = -96,7 \text{ mA et } I_R(t_1) = +96,7 \text{ mA.}$$

2) RÉGIME PERMANENT

a. Expression de la tension $v(t)$ lorsque la diode est bloquée. Le condensateur se décharge alors dans la résistance selon la loi :

$$v(t) = U_m \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad \text{avec : } RC = 100 \text{ ms}$$

Sachant que pour x faible : $\exp(-x) \approx (1-x)$, on peut écrire : $v(t) = U_m \left(1 - \frac{t}{RC}\right)$

Tableau des résultats justifiant l'approximation de $v(t)$:

t (ms)	0	5	10	15	20	25
v(t) exact (V)	20	19	18	17,2	16,37	15,57
v(t) approx. (V)	20	19	18	17	16	15

b. Instant t_2 au bout duquel la diode redevient passante. A cet instant la tension $v(t)$ devient égale à $u(t)$. On a alors :

$$U_m \sin(\omega t_2) - U_m \left(1 - \frac{t_2}{RC}\right) = 0$$

- Solution calculée : $t_{2\text{cal}} = 18,14 \text{ ms}$ (depuis le temps origine t_1).
- Solution graphique : $t_{2\text{lue}} = 18 \text{ ms}$.

A cet instant : $v(t_2) = 16,7 \text{ V}$.

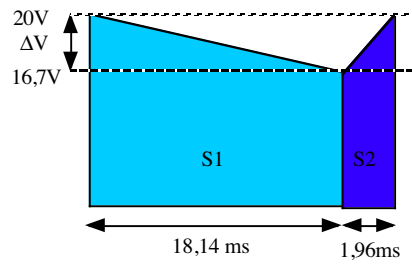
Le courant dans le condensateur avant et après le temps t_2 est discontinu, on assiste à une impulsion de courant (figure 4), en effet :

- $i_C(t_2 - \epsilon) = -83,4 \text{ mA}$ $i_R(t_2 - \epsilon) = +83,4 \text{ mA}$
- $i_C(t_2 + \epsilon) = \pi \cos \omega(t_1 + t_2) = 1,84 \text{ A}$.

c. Evolution de la tension $v(t)$ après l'instant t_2 . La diode conduit à nouveau, durant 1,96 ms et entraîne la recharge de la capacité. Puis la diode se bloque, la capacité se décharge à nouveau dans R.

Amplitude crête à crête de la « tension d'ondulation » : $\Delta V = 20 - 16,7 = 3,3 \text{ V}$.

d. Calcul la tension moyenne V_{moy} de la tension $v(t)$ par l'intermédiaire de la surface de deux trapèzes.



La tension redressée moyenne s'exprime selon : $V_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt = \frac{1}{T} (S_1 + S_2)$

$$S_1 = 0,333 \text{ V.ms} \quad S_2 = 0,0359 \text{ V.ms}$$

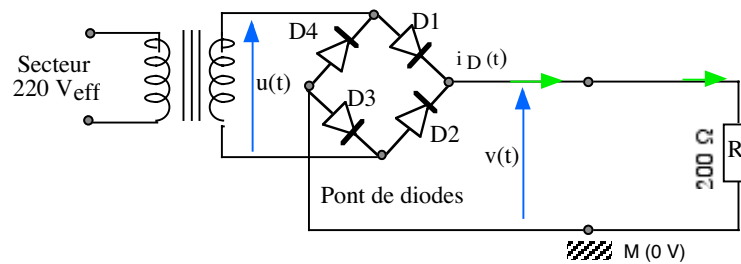
$$\text{Solution : } V_{moy} = \frac{0,369}{20 \cdot 10^{-3}} = 18,45 \text{ V} \quad I_{moy} = 92,2 \text{ mA.}$$

e. Si la décharge de C se fait pratiquement à courant constant : $I_{0moy} = C \frac{\Delta V}{T}$

On en déduit alors : $\Delta V = 3,7 \text{ V}$ soit une erreur relative de 11%.

2° PARTIE : MONTAGE REDRESSEUR DEUX ALTERNANCES

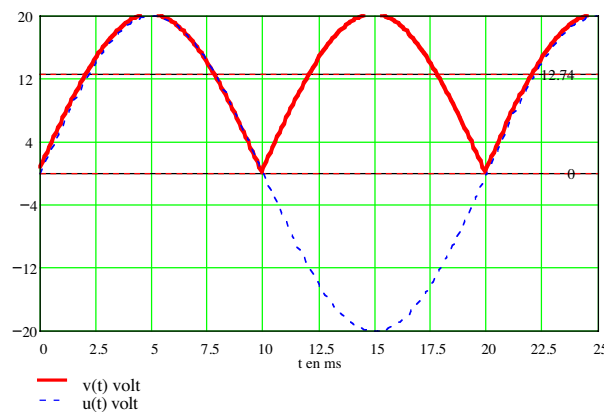
I) ÉTUDE DU MONTAGE SANS LA CAPACITÉ DE FILTRAGE C



Il est commode de raisonner en courant :

Durant l'alternance positive de la tension $u(t)$: D_1 et D_3 sont passantes, D_2 et D_4 bloquées.

Durant l'alternance négative de la tension $u(t)$: D_2 et D_4 sont passantes, D_1 et D_3 bloquées.



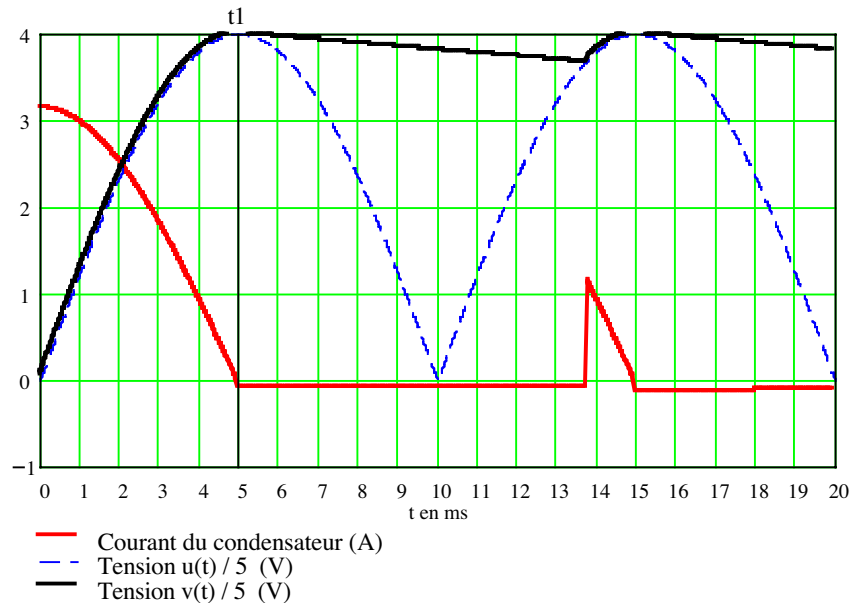
Graph des tensions $u(t)$ et $v(t)$

ÉTUDE DU MONTAGE AVEC CAPACITÉ DE FILTRAGE

1) **RÉGIME TRANSITOIRE** : Il est rigoureusement identique à celui de la première partie.

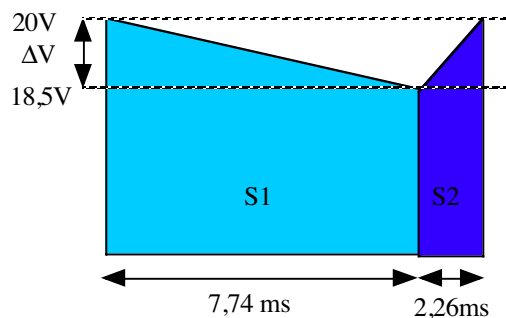
2) RÉGIME PERMANENT

- a. Idem à la première partie
- b. La diode redevient passante au temps $t_2 = 7,74$ ms à partir de l'origine t_1 (5 ms). La tension $v(t_2)$ est alors égale à 18,5 V. Le courant dans le condensateur passe instantanément à 1,15 A.



Graphique du courant $i_C(t)$ (5A) et de la tension $v(t)$ (facteur échelle : 1/5)

- c. Même analyse et tension d'ondulation : $\Delta V = 1,5$ V.
- d. Attention : la période T est de 10 ms !
Tension moyenne redressée : $V_{\text{moy}} = 19,25$ V $I_{\text{moy}} = 96,25$ mA



Calcul approximatif de ΔV : 1,92 V.

Application : valeur du condensateur de filtrage : $C = 2000 \mu\text{F}$.