Exercices sur la mise en œuvre des diodes

Ce document est une compilation des exercices posés en devoirs surveillés d'électricité au département Génie Electrique et Informatique Industrielle de l'IUT de Nantes. Ces devoirs se sont déroulés généralement sans documents, sans calculette et *sans téléphone portable…*

Les devoirs d'une durée de 80 min sont notés sur 20 points. Donc chaque point proposé au barème correspond approximativement à une activité de 4 min.

Ces exercices utilisent les connaissances développées dans la ressource **Baselecpro** sur le site IUTenligne.

Un corrigé avec barème de correction est remis aux étudiants en sortie du devoir (C'est souvent le seul moment où ils vont réfléchir à ce qu'ils ont su (ou pas su) faire dans ce devoir)

Personnellement, je me refuse à manipuler le barème d'un devoir lors de la correction dans le but d'obtenir une moyenne présentable. *(ni trop ni trop peu…)*
La moyenne d'un devoir doit refléter l'adéquation entre les objectifs de l'enseignant et les résultats des étudiants.

Les documents proposés ici sont délivrés dans un format qui permet tout assemblage/désassemblage ou modification à la convenance de l'utilisateur. Les dessins et les équations ont été réalisés avec Word97.

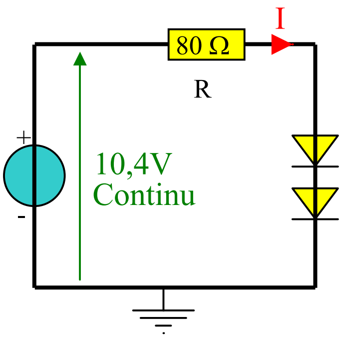
Nos étudiants disposent d'une masse considérable d'informations sur internet. Les enseignants sont maintenant soucieux de leur apprendre à utiliser intelligemment cet immense champ de connaissance. Ils leur apprennent notamment à citer les sources…

Une version de Baselecpro est disponible sous forme d'un livre aux éditions *Ellipses* dans la collection *Technosup* sous le titre
ÉLECTRICITÉ GÉNÉRALE – Les lois de l'électricité

Michel PIOU - Agrégé de génie électrique – IUT de Nantes – France

Table des matières

1. Modèle linéaire avec deux diodes. (2,5 pts)



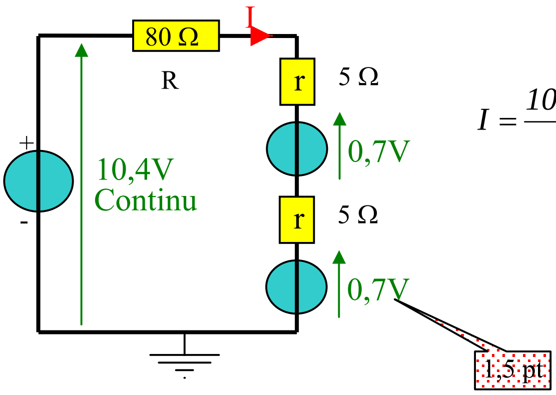
Les diodes ci-contre conduisent en direct. Chaque diode peut être modélisée par le modèle linéaire : $E_o = 0{,}7\,V$ et $r = 5\,\Omega$.

Sur le schéma ci-contre, remplacer les diodes par le schéma de leur modèle.

Préciser le fléchage de E_o

Calculer la valeur numérique de I ?

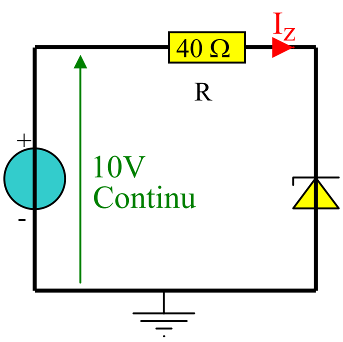
Corrigé :



$$I = \frac{10{,}4 - 0{,}7 - 0{,}7}{80 + 5 + 5} = \frac{9}{90} = 0{,}1\ A = 100\ mA$$

1 pt

2. Maille : source - résistance - diode zener (2 pts)

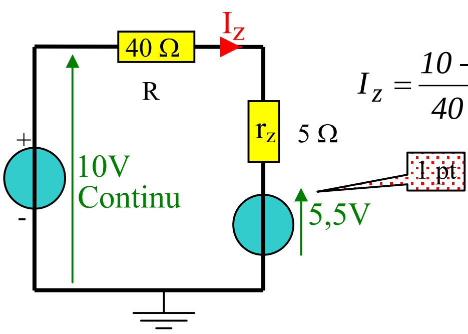


La diode zener ci-contre conduit en inverse. Elle peut être modélisée par le modèle linéaire : $V_{zo} = 5{,}5\,V$ et $r_z = 5\,\Omega$.

Sur le schéma ci-contre, remplacer la diode zener par le schéma de son modèle. Préciser le fléchage de V_{zo}

Calculer la valeur numérique de I_z.

Corrigé :

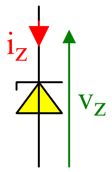


$$I_z = \frac{10 - 5{,}5}{40 + 4} = \frac{4{,}5}{45} = 0{,}1\ A = 100\ mA$$

1 pt

3. Générateur – résistance - diode zener (7 pts)

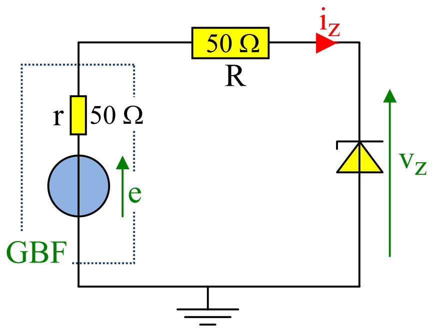
La diode zener mise en œuvre dans les montages de cet exercice est une **diode zener silicium de 7,5 V / 0,4 W** .



a) Calculer la valeur $I_{z_{\max}}$ à ne pas dépasser dans la diode zener, en régime permanent, en polarisation inverse (pour ce calcul, on considèrera $V_z = 7{,}5\,V$).

Pour la suite de cet exercice, on adoptera pour cette diode zener le modèle à seuil $(E_O = 0{,}7\,V)$ *en* ***direct*** *et le modèle linéaire (seuil* $V_{z_O} = 7{,}5\,V$ *et résistance dynamique* $r_z = 3{,}5\,\Omega$ *) en* ***inverse****.*

b) Représenter l'allure de la caractéristique I_z en fonction de V_z pour un courant variant de $-I_{z_{\max}}$ à $+I_{z_{\max}}$ *(Préciser les valeurs des points remarquables).*



On considère le montage ci-contre :

La source de tension est réalisée avec un Générateur Basse Fréquence (en configuration sinusoïde + offset) de résistance interne r = 50Ω, qui délivre une f.e.m. « *e* ».

Une résistance de protection R = 50 Ω limite le courant dans la diode zener.

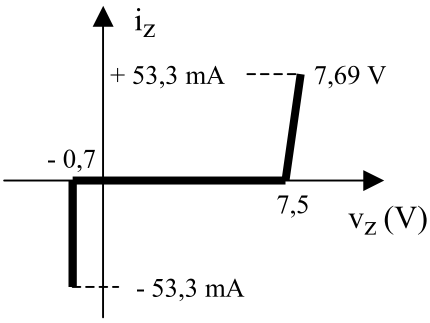
c) « Supposons la diode zener bloquée.
Préciser l'intervalle dans lequel doit se trouver la valeur de v_z et l'intervalle dans lequel doit se trouver la valeur de la f.e.m. « *e* » pour que cette hypothèse soit vraie. *Justifier en quelques mots.*

d) « Supposons la diode zener conductrice en inverse ($i_z > 0$).
Préciser la condition sur la valeur de la f.e.m. « *e* » pour que cette hypothèse soit vraie. *Justifier par un schéma et un calcul.*

e) Le GBF est maintenant réglé tel que $e(t) = 10{,}25 + 2{,}25.\sin(1000.\pi.t)$.
Calculer $i_z(t)$ en supposant la diode zener toujours passante en inverse.
Représenter $v_z(t)$ en précisant ses valeurs min et max.

Corrigé :

a) $I_{Z_{max}} = \dfrac{P_{Z_{max}}}{V_Z} = \dfrac{0,4}{7,5} = 0,0533\ A = 53,3\ mA$

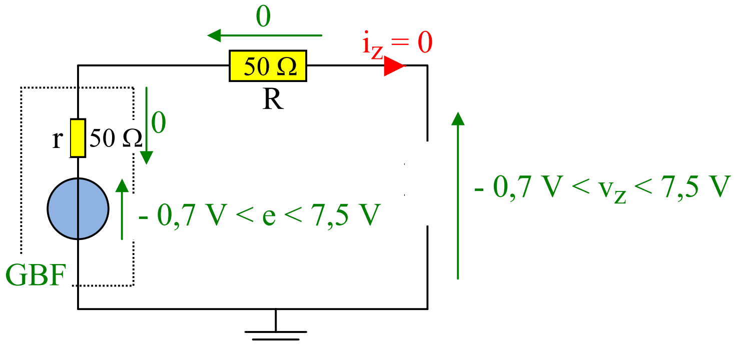


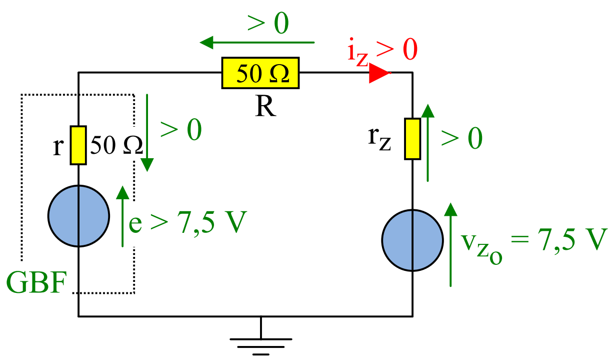
b) Allure de la caractéristique I_Z en fonction de V_Z pour un courant variant de $-I_{Z_{max}}$ à $+I_{Z_{max}}$ (ci-contre).

c)

Si la diode zener est bloquée : $-0,7\ V < v_Z < 7,5\ V$ *(voir question précédente).*

Le courant i_Z est nul, donc $e = v_Z$ (loi des mailles)





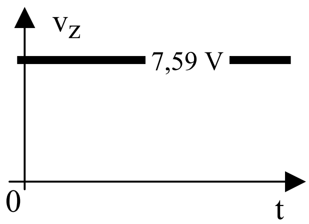
d) Si la diode zener est conductrice en inverse, le courant i_Z est positif et donc $e > 7,5$ V (loi des mailles)

e) $e(t) = 10,25 + 2,25.\sin(1000.\pi.t)$.

$$i_Z = \frac{e - V_{Z_O}}{r + R + r_Z} = \frac{10,25 + 2,25.\sin(1000.\pi.t) - 7,5}{50 + 50 + 3,5} = 0,0266 + 0,0217.\sin(1000.\pi.t)$$

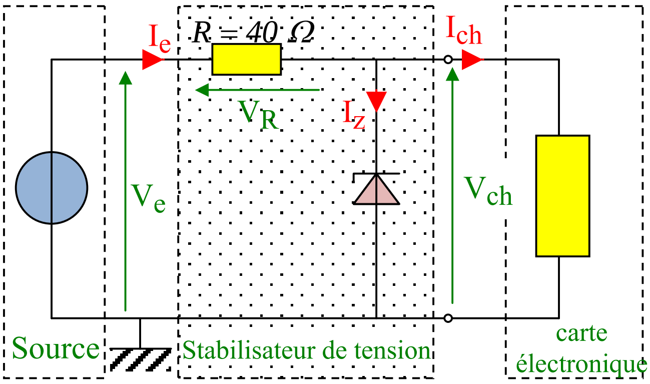
$\Rightarrow v_Z = V_{Z_O} + r_Z.i_Z = 7,593 + 0,0759.\sin(1000.\pi.t) \Rightarrow v_{Z_{max}} = 7,67\ V$ *et* $v_{Z_{min}} = 7,52\ V$.

L'ondulation crête à crête de v_Z représente 2% de sa valeur moyenne…



4. Stabilisation de tension à diode zener (3,5 pts)

Les valeurs numériques ont été choisies de façon que les calculs puissent se faire sans calculette



On dispose d'une source de tension constante $V_e = 9\,V$ à partir de laquelle on souhaite alimenter une carte électronique sous une tension constante $V_{ch} = 5\,V$ quelle que soit la valeur du courant consommé Ich.

On utilise une diode zener de tension zener $5\,V$. *(On négligera sa résistance interne en polarisation inverse)*

a) Sachant que la puissance maximale qui peut être dissipée dans la diode zener est de 500 mW, en déduire $I_{z_{max}}$.

b) Montrer que la somme $I_{ch} + I_z$ est une valeur constante tant que la diode zener est passante en inverse.

c) Sachant que $0 < I_{ch} < I_{ch_{max}}$, en déduire que la valeur $R = 40\ \Omega$ protège la diode zener contre les risques de courant excessif.

d) Pour que la carte électronique reste alimentée sous $V_{ch} = 5\,V$, il faut $I_z > 0$. En déduire la valeur limite de I_{ch} qui garantit ce bon fonctionnement.

e) Quelle est la valeur de V_{ch} si la carte électronique consomme un courant $I_{ch} = 200\ mA$?

Corrigé :

a) $I_{z_{max}} = \dfrac{P_{z_{max}}}{V_z} = \dfrac{0{,}5}{5} = 0{,}1\ A = 100\ mA$ 0,5 pt

b) $I_{ch} + I_z = I_e = \dfrac{V_R}{R} = \dfrac{V_e - V_{ch}}{R} = \dfrac{9-5}{R} = \dfrac{4}{R} = constante$ 0,5 pt

c) Le courant dans la diode zener est maximum lorsque $I_{ch} = 0$.

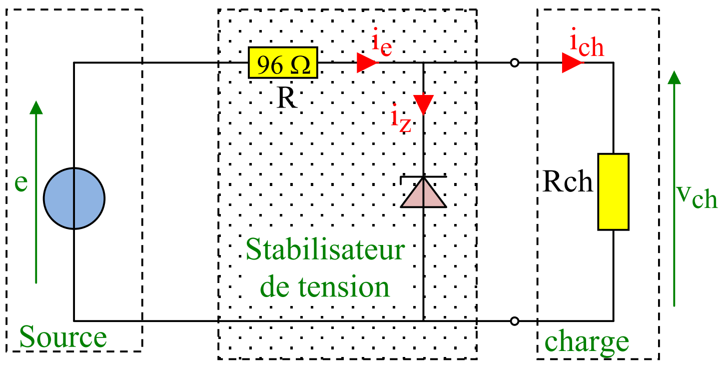
Dans ce cas : $I_z = I_e = \dfrac{4}{40} = 0{,}1\ A = 100\ mA$, ce qui est égal au courant maximum admissible dans cette diode zener. 1 pt

d) $I_{ch} + I_z = I_e = 100\ mA \quad \Rightarrow \quad [I_z > 0 \Leftrightarrow I_{ch} < 100\ mA]$ 0,5 pt

e) Si $I_{ch} = 200\ mA$, la diode zener est bloquée. $\Rightarrow I_e = I_{ch} = 200\ mA$

$\Rightarrow V_{ch} = V_e - V_R = V_e - R.I_e = 9 - 40\ .\ 0{,}2 = 1\,V$ 1 pt

5. Coefficient de stabilisation amont d'une source de tension à diode zener (4pts)

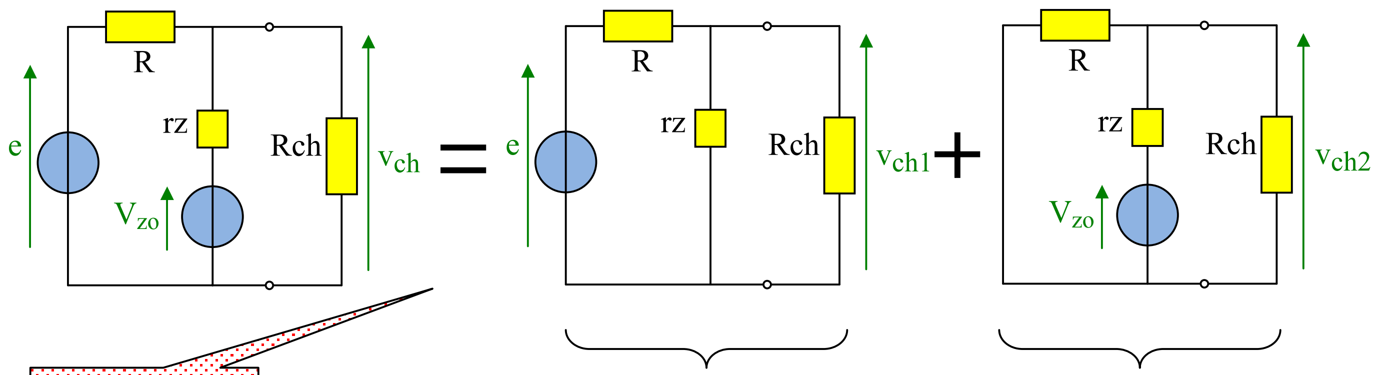


Le stabilisateur de tension à diode zener ci-contre débite dans une charge modélisée par une résistance $R_{ch} = 400\ \Omega$.

Lorsque la diode zener est passante en inverse, on la modélise avec son modèle linéaire constitué de $V_{zo} = 7\ V$ et $r_z = 4\ \Omega$),

En supposant la diode zener toujours passante en inverse, redessiner le schéma ci-dessus en remplaçant la diode zener par son modèle équivalent.
Exprimer la **<u>relation littérale</u>** v_{ch} en fonction de e, V_{zo} et des résistances.(1)
Lorsque e varie d'une quantité Δe, cela entraine une variation Δv_{ch} de la tension de sortie v_{ch}. Calculer la **<u>valeur numérique</u>** du rapport des variations $\frac{\Delta v_{ch}}{\Delta e}$ *(coefficient directeur de la droite $v_{ch}(e)$)* (2)

Corrigé :



Méthode : 1 pt

$$V_{ch_1} = \frac{\left(R_{ch}^{-1} + r_z^{-1}\right)^{-1}}{\left(R_{ch}^{-1} + r_z^{-1}\right)^{-1} + R} . e \qquad V_{ch_2} = \frac{\left(R_{ch}^{-1} + R^{-1}\right)^{-1}}{\left(R_{ch}^{-1} + R^{-1}\right)^{-1} + r_z} . V_{zo}$$

$$\Rightarrow V_{ch} = V_{ch_1} + V_{ch_2} = \underbrace{\frac{1}{1 + \left(R_{ch}^{-1} + r_z^{-1}\right) . R}}_{a} . e + \underbrace{\frac{1}{1 + \left(R_{ch}^{-1} + R^{-1}\right) . r_z} . V_{zo}}_{b}$$

2 pt

C'est l'équation d'une droite $V_{ch} = a . e + b$

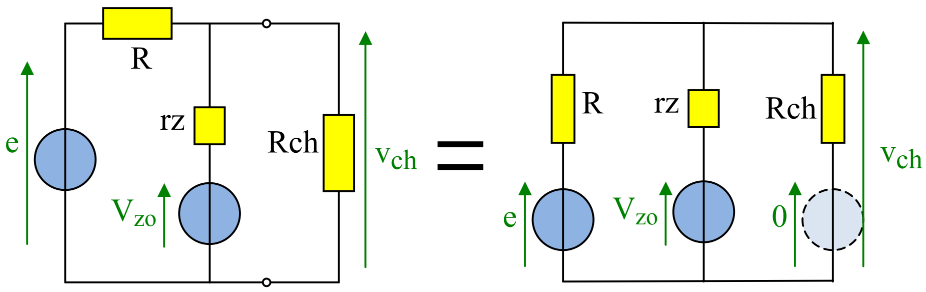
On en déduit : $\frac{\Delta v_{ch}}{\Delta e} = \frac{1}{1 + \left(R_{ch}^{-1} + r_z^{-1}\right) . R} \approx \frac{1}{1 + \left(r_z^{-1}\right) . R} = \frac{r_z}{r_z + R} = \frac{4}{100} = 0{,}04$ 1 pt

Lorsque « e » varie d'une quantité Δe, la tension de sortie v_{ch} est $\Delta v_{ch} = 4\%\ de\ \Delta e$

---

(1) On pourra, par exemple, utiliser le théorème de superposition ou le théorème de Millman.
(2) *Dans le calcul, on pourra considérer $R_{ch} >> r_z$ et simplifier en conséquence*

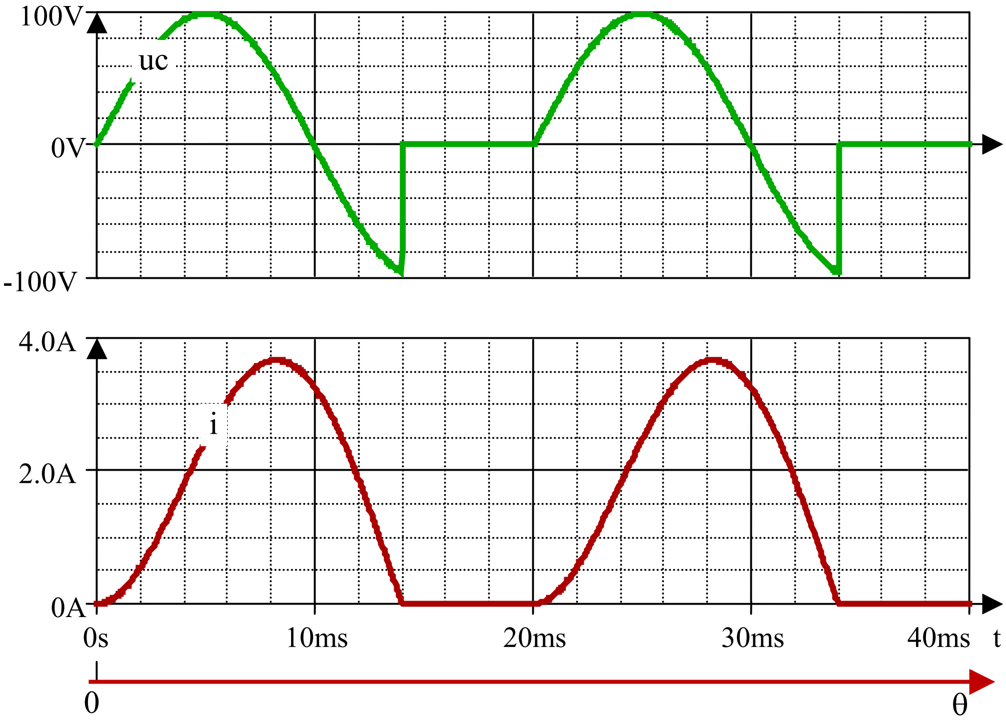
On peut obtenir le même résultat à l'aide du théorème de Millman :



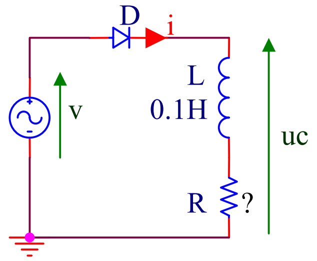
$$V_{ch_1} = \frac{\dfrac{e}{R}+\dfrac{V_{zo}}{r_z}+\dfrac{0}{R_{ch}}}{\dfrac{1}{R}+\dfrac{1}{r_z}+\dfrac{1}{R_{ch}}}$$

Ce résultat est identique au précédent

6. Redresseur monophasé une diode sur une charge inductive (7 pts)



Une tension $v(t) = 100.\sin(100.\pi.t)$ est appliquée à un circuit inductif R,L en série avec une diode « D » (supposée idéale). L'inductance a une valeur de 0,1H. La résistance « R » est inconnue

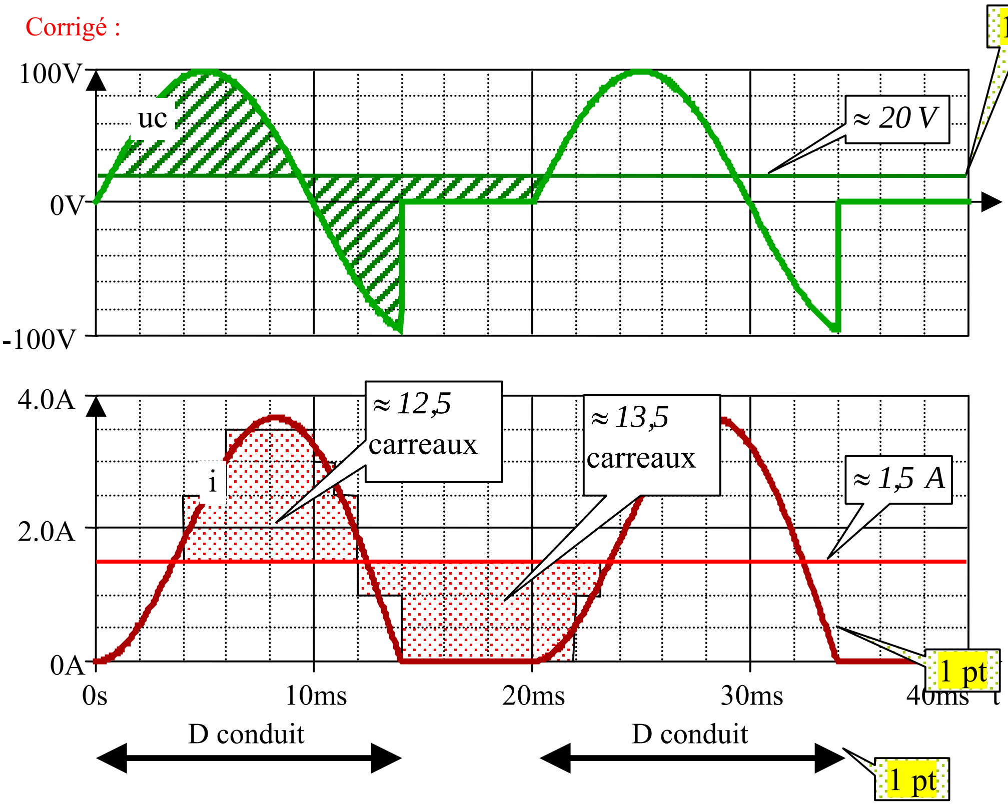


Les graphes de $u_C(t)$ et $i(t)$ sont donnés ci-contre

(On remarque qu'en s'opposant aux variations du courant, l'inductance prolonge la conduction)
Attention : 10 divisions par période…

a) Indiquer *(sous le graphe)* les intervalles de conduction de la diode.
b) Estimer graphiquement $< U_C >$ (en hachurant les aires concernées)
c) Après avoir complété la graduation sur l'axe en angles θ, calculer plus précisément $< U_C >$ à l'aide d'une intégrale.
d) Un ampèremètre numérique placé dans le circuit, indique 1,49 A en position DC et 2,05 A en position AC+DC. Préciser ce que signifient ces deux valeurs.
e) Donner la relation reliant $< U_C >$ à $< I >$.
En déduire la valeur numérique de la résistance « R »

Corrigé :



Estimation : $< U_c > \approx 20\,V$

1 pt

$$< U_c > = \frac{1}{2.\pi} . \int_0^{\frac{14\pi}{10}} 100.\sin(\theta).d\theta$$

$$\Rightarrow < U_c > = \frac{100}{2.\pi} . \left[-\cos(\theta)\right]_0^{\frac{14\pi}{10}}$$

$$\Rightarrow < U_c > = \frac{100}{2.\pi} . \left[-\cos\left(\frac{14\pi}{10}\right) + 1\right]$$

$$\Rightarrow < U_c > = 20{,}8\,V$$

1 pt

$< I > = 1{,}49\ A$ $I_{eff} = 2{,}05$ A

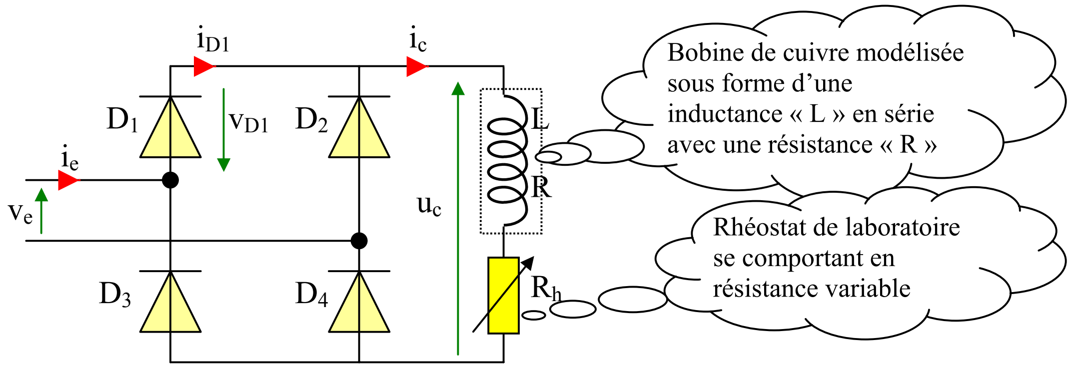
1 pt

1 pt

$$R = \frac{< U_c >}{< I >} = \frac{20{,}8}{1{,}49} = 14\,\Omega$$

7. Redressement monophasé (12 pts)

Dans cette étude on ne s'intéressera pas à l'évolution des signaux lors de la mise sous tension. On se limitera au **régime permanent** (donc au régime périodique).



Le pont monophasé à diodes ci-contre est alimenté par une tension alternative sinusoïdale $v_e(t) = V_{\max}.\sin(\omega.t)$ $= 230.\sqrt{2}.\sin(2\pi.50.t)$.
Il alimente une bobine en série avec un rhéostat de laboratoire

Hypothèse : Les diodes sont supposées idéales.
la conduction est continue dans la charge R.L + Rh Autrement dit, $i_c(t) > 0$.

1) Questions de cours :

a) Dessiner la caractéristique $i_D(v_D)$ d'une <u>diode idéale</u>.

b) On suppose une diode idéale bloquée. Quelle est la condition sur v_D pour que cette hypothèse soit fausse?

c) On suppose une diode idéale passante. Quelle est la condition sur i_D pour que cette hypothèse soit fausse?

2) Calcul du réglage du rhéostat.

d) Indiquer sur le document réponse les intervalles de conduction des diodes D_1, D_2, *D3 et D4 (sur les deux lignes (en pointillé) sous le graphe de* $v_e(t)$.

e) En déduire le chronogramme de $u_c(t)$ *(à représenter sur le graphe de* $v_e(t)$*).*

f) A partir d'une intégrale, établir la relation qui donne $< U_c >$ en fonction de V_{max}.

g) En déduire $< I_c >$ en fonction de V_{max}, R et R_h.

h) Application numérique : Calculer R_h, résistance du rhéostat pour avoir $< I_c > = 1\ A$, sachant que $R = 150\ \Omega$.

3) Contrainte sur les diodes.

L'inductance est supposée assez grande pour que l'ondulation de $i_c(t)$ soit négligeable par rapport à sa valeur moyenne $< I_c > = 1\ A$. Le courant $i_c(t)$ est donc presque constant.

i) De façon à visualiser les contraintes sur les diodes, représenter les graphes de $v_{D1}(t)$ et $i_{D1}(t)$

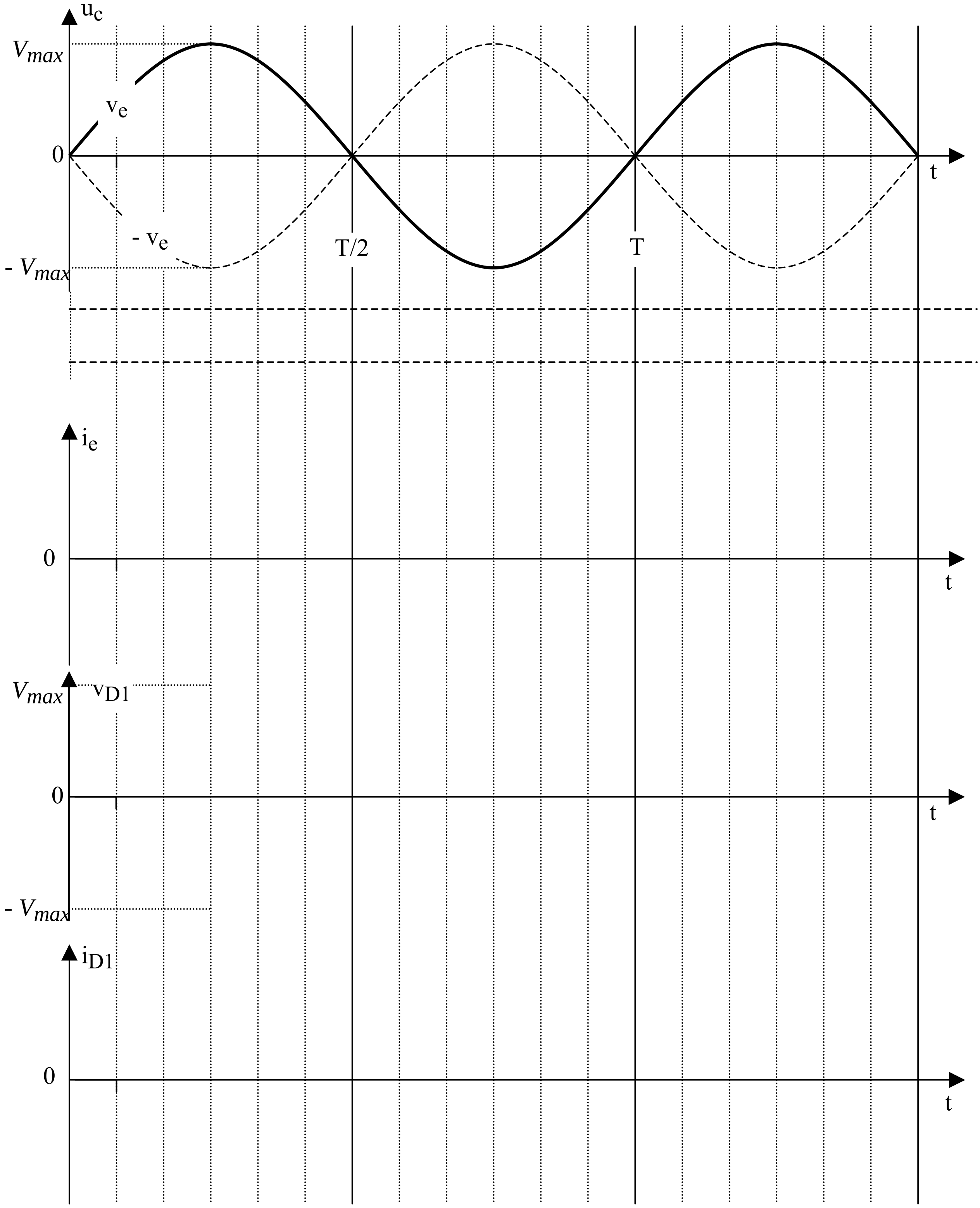
4) Puissances en entrée et en sortie du pont de diodes

On suppose toujours le courant $i_c(t)$ presque constant.

j) Exprimer la puissance active P_c fournie à la charge (R.L + Rh) en fonction de $V_{\max}$ et de $< I_c >$.

k) Représenter sur le document réponse le chronogramme de $i_e(t)$.

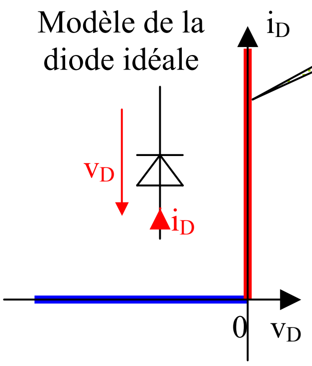
l) Exprimer la puissance active P_e fournie par le réseau en entrée du pont en fonction de $V_{\max}$ et de $< I_c >$. Justifier en quelques mots.



u_c
V_{max}
v_e
0
$- v_e$
$- V_{max}$
T/2
T
t
i_e
0
t
V_{max}
v_{D1}
0
t
$- V_{max}$
i_{D1}
0
t

Corrigé :

1) Questions de cours :



1 pt

b) L'hypothèse « diode idéale bloquée » est fausse si $v_D > 0$ (avec les orientations ci-contre) 1 pt

c) L'hypothèse « diode idéale passante » est fausse si $i_D < 0$ (avec les orientations ci-contre) 1 pt

1) Calcul du réglage du rhéostat.

f) $U_{c_{moy}} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_{max}.sin(\theta).d\theta = \frac{V_{max}}{\pi}.[-cos(\theta)]_0^{\pi} = \frac{2.V_{max}}{\pi}$

1 pt 1 pt

g) $u_c(t) = L.\frac{d(i_c(t))}{dt} + R.i_c(t) + Rh.i_c(t) \Rightarrow U_{c_{moy}} = 0 + (R + Rh).I_{c_{moy}}$

$\Rightarrow I_{c_{moy}} = \frac{U_{c_{moy}}}{R + Rh} = \frac{2V_{max}}{\pi.(R + Rh)}$ 1 pt

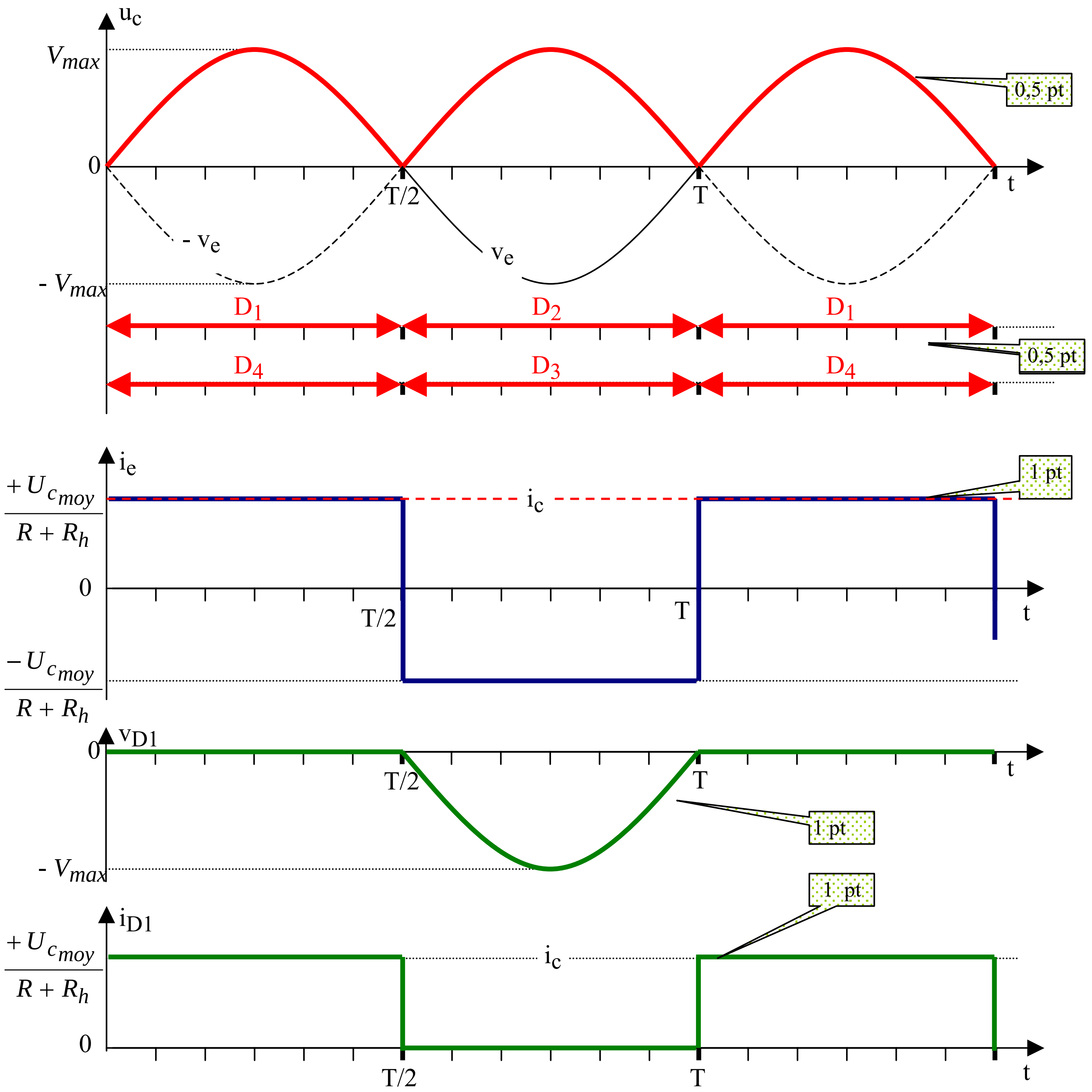
h) Application numérique : $I_{c_{moy}} = \frac{2.230.\sqrt{2}}{\pi.(150 + Rh)} = 1\ A \Leftrightarrow Rh = \frac{2.230.\sqrt{2}}{\pi.1} - 150 = 57\ \Omega$ 1 pt

3) Puissances en entrée et en sortie du pont de diodes

j) $i_c(t)$ est supposé constant : $i_c(t) = I_c = I_{c_{moy}} \Rightarrow P_c = U_{c_{moy}}.I_c = \left(\frac{2V_{max}}{\pi}\right).I_{c_{moy}}$ 1 pt

l) Les diodes étant supposées idéales, elles ne consomment donc aucune puissance. 1 pt

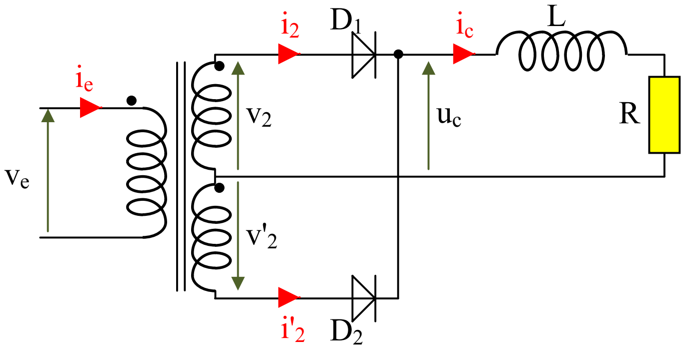
$P_e = P_c = \left(\frac{2V_{max}}{\pi}\right).I_{c_{moy}}$



u_c
V_{max}
0
T/2
T
t
$- v_e$
v_e
$- V_{max}$
D_1
D_2
D_1
D_4
D_3
D_4
0,5 pt
0,5 pt
i_e
$+\frac{U_{c\,moy}}{R+R_h}$
i_c
1 pt
0
T/2
T
t
$-\frac{U_{c\,moy}}{R+R_h}$
v_{D1}
0
T/2
T
t
1 pt
$- V_{max}$
i_{D1}
1 pt
$+\frac{U_{c\,moy}}{R+R_h}$
i_c
0
T/2
T
t

8. Redresseur monophasé avec transformateur à point milieu. (6,5pts pts)

Dans cette étude on ne s'intéressera pas à l'évolution des signaux lors de la mise sous tension. On se limitera au **régime permanent** (donc au régime périodique). Les diodes seront supposées idéales.



Hypothèse :

- Le transformateur monophasé à point milieu ci-contre sera supposé **idéal**.

Il est alimenté par une tension alternative sinusoïdale $v_e(t) = V_{max}.sin(\omega.t)$.

Donc : $v2(t) = m.V_{max}.sin(\omega.t)$

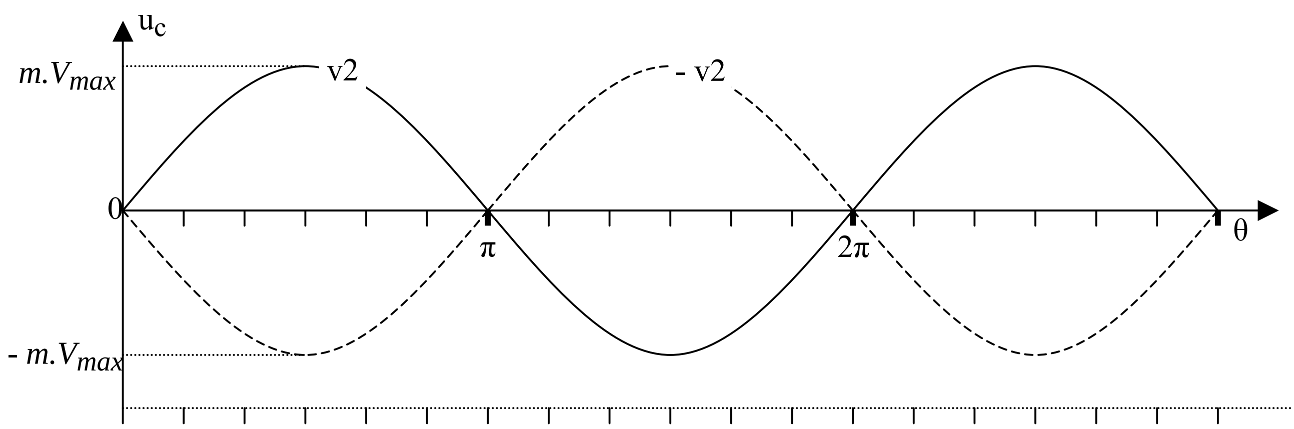
$v'2(t) = -m.V_{max}.sin(\omega.t) = -v2(t)$

Le rapport de transformation « *m* » est une constante positive

- La **conduction est continue** dans la charge R.L.

1 Déterminer et **représenter** les intervalles de conduction des diodes sur la ligne (en pointillé) sous le graphe de $v_2(t)$ ci-après. *(**Justifier** en rappelant une règle établie pour un assemblage de diodes à cathode commune)*

2 Connaissant les intervalles de conduction des diodes, **représenter** $u_c(t)$ sur les graphes ci-après.



Calculer $< U_C >$ en fonction de V_{max} et de *m*.

(1pt pour l'écriture de l'expression avec une intégrale et 1pt pour la résolution de cette intégrale)

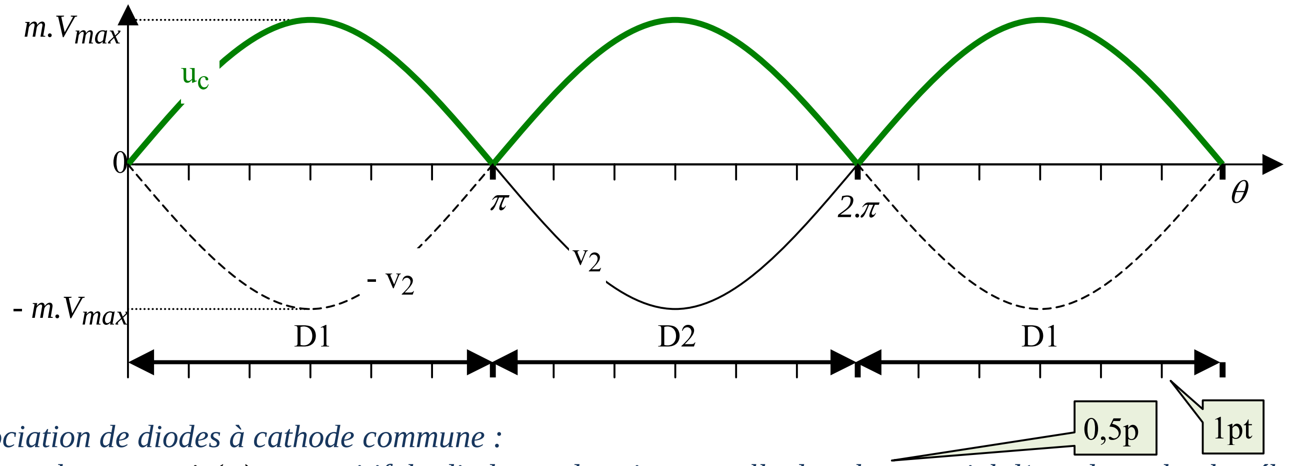
3 **Exprimer** $u_c(t)$ en fonction de $i_c(t)$ et des éléments du montage. **En déduire** $< I_C >$ en fonction de $< U_C >$ et des éléments du montage. *(Rappeler les propriétés utilisées pour parvenir au résultat)*

4 L'inductance « L » est supposée suffisamment grande pour qu'on puisse négliger la composante alternative de $i_c(t)$ par rapport à sa composante continue ([3]) $(i_C(t) \approx < I_C > = Io = cte)$.

Sachant que la puissance instantanée consommée par un transformateur idéal est nulle, **Déterminer** la puissance active consommée par l'ensemble du montage (transformateur + diodes + L + R) en fonction de *Io* et d'un élément du montage puis en fonction de m, V_{max} et R.

([3]) Composante continue = valeur moyenne

Corrigé :



Association de diodes à cathode commune :
Lorsque le courant $i_c(t)$ *est positif, la diode conductrice est celle dont le potentiel d'anode est le plus élevé.*

$$U_{c_{moy}} = \frac{1}{\pi}\cdot\int_0^{\pi} m.V_{max}.\sin(\theta).\,d\theta = \frac{m.V_{max}}{\pi}.\left[-\cos(\omega.t)\right]_0^{\pi} = \frac{m.V_{max}}{\pi}.\left[-\cos(\pi)+\cos(0)\right] = \frac{2.m.V_{max}}{\pi}$$

1pt

1pt

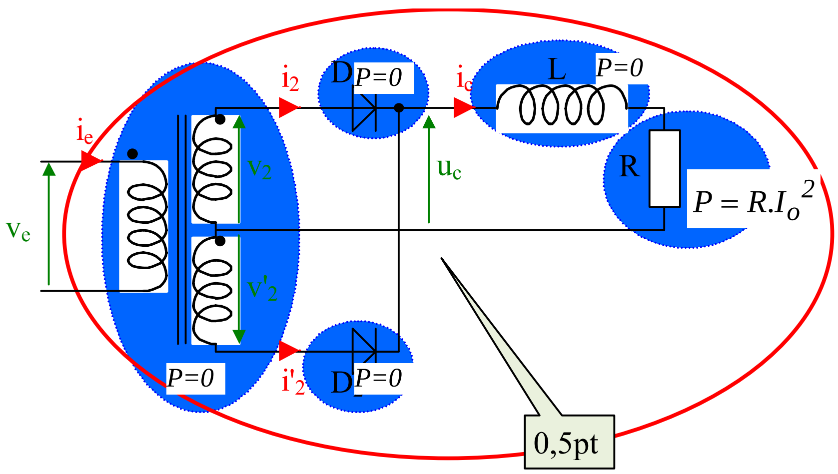
$$u_c(t) = L.\frac{d(i_c(t))}{dt} + R.i_c(t)$$

0,5pt

La valeur moyenne d'une somme est la somme des valeurs moyennes.
La valeur moyenne de la tension aux bornes d'une inductance est nulle.

$$\Rightarrow <U_c> = <L.\frac{d(i_c(t))}{dt}> + <+R.i_c(t)> = 0 + R.<I_c> \Leftrightarrow <I_c> = \frac{<U_c>}{R}$$

1pt



La puissance active consommée par un ensemble est la somme des puissances actives consommées par chaque élément de l'ensemble, donc

$$P = R.I_o^2 = R.\left(\frac{U_{c_{moy}}}{R}\right)^2 = \frac{1}{R}.\left(\frac{2.m.V_{max}}{\pi}\right)^2$$

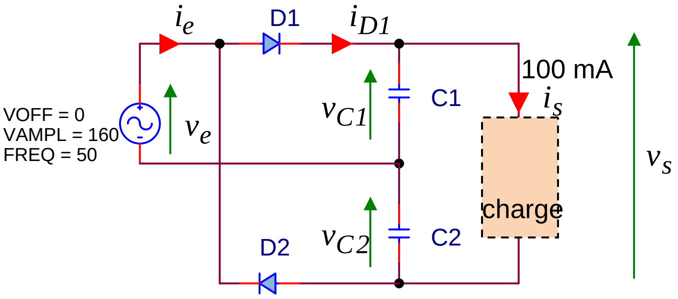
0,5pt

0,5pt

On peut également écrire :

$$P = U_{c_{moy}}.I_o = \frac{U_{c_{moy}}{}^2}{R} = \frac{\left(\frac{2.m.V_{max}}{\pi}\right)^2}{R}$$

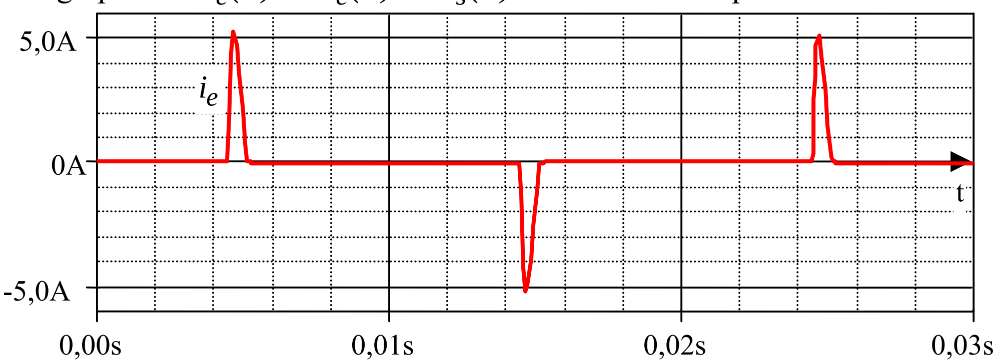
9. Redresseur monophasé en régime périodique. Doubleur de tension. (9,5 pts)



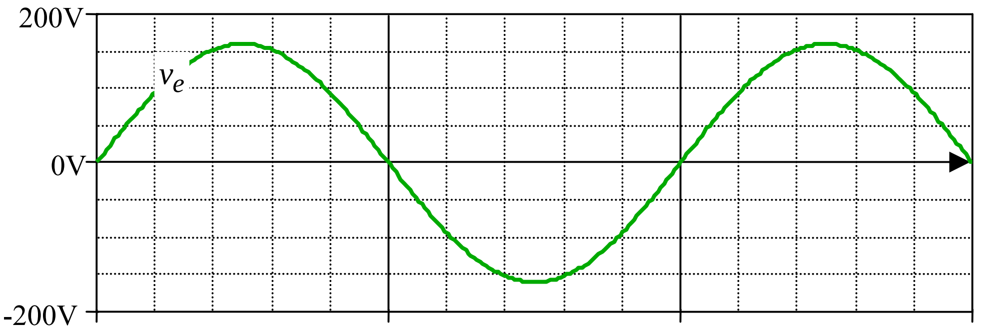
Une tension $v_e(t) = 160.\sin(100.\pi.t)$ est appliquée au circuit ci-contre.

Les condensateurs « C1 » et « C2 » rendent la composante alternative de la tension $v_s(t)$ très faible par rapport à sa valeur moyenne.
La charge soumise à cette tension $v_s(t)$ consomme un courant « i_s » **constant** $I_s = 100\ mA$

Les graphes de $i_e(t)$ et $v_e(t)$ et $v_s(t)$ sont donnés ci-après.



Intervalles de conduction des diodes



a) En régime périodique, $v_{C1}(t) > 0$ et $v_{C2}(t) > 0$. Les deux diodes ne peuvent donc pas conduire en même temps. En observant le graphe de $i_e(t)$, indiquer *(ci-contre)* les intervalles de conduction de chaque diode.

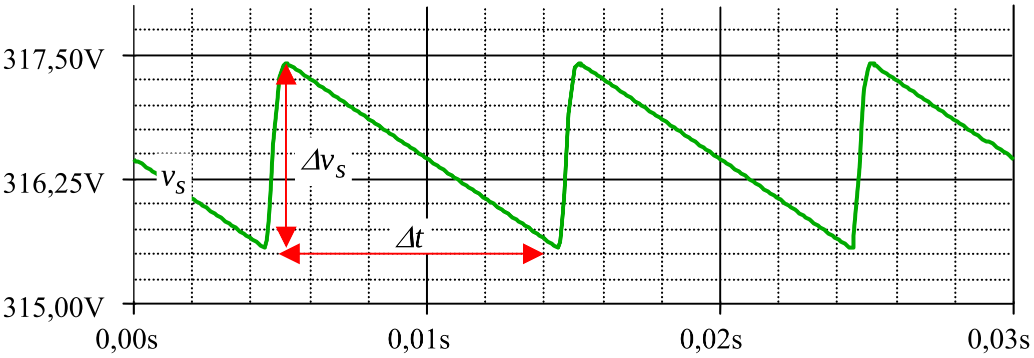
b) Représenter le graphe de $i_{D1}(t)$ sur le graphe de $i_e(t)$

c) Donner une valeur *numérique* approchée de v_{C1} lorsque D1 conduit ([4]) et une valeur *numérique* approchée de v_{C2} lorsque D2 conduit.

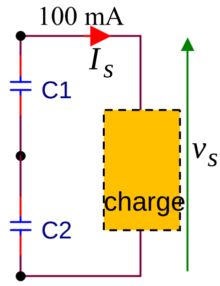
d) La valeur des deux condensateurs identiques « C1 » et « C2 » est supposée suffisamment élevée pour que l'ondulation des tensions $v_{C1}(t)$ et $v_{C2}(t)$ soit très faible **par rapport à** leur valeur moyenne. On assimile donc $v_{C1}(t)$ et $v_{C2}(t)$ à des grandeurs continues
En déduire une valeur *numérique* approchée de $v_s(t)$. *Expliquer le raisonnement en quelques mots*

([4]) On suppose que v_e n'a pas le temps de varier pendant cet intervalle. Les diodes « D1 » et « D2 » sont supposées idéales.

Le graphe de $v_S(t)$ donné ci-après a été obtenu par simulation *(attention à l'échelle de $v_S(t)$.*
Il confirme que l'ondulation de $v_S(t)$ est très faible ***par rapport à*** *sa valeur moyenne.*
La simulation tient compte des chutes de tension dans les diodes.



e) Sur l'intervalle $\Delta t = 9\ ms$ *pendant lequel* $i_e(t) = 0$, l'ondulation de $v_S(t)$ est $\Delta v_S = 1{,}8\ V$. *(voir ci-contre)*



En déduire la valeur numérique de chacun des deux condensateurs identiques « C1 » et « C2 ».

f) A partir du graphe de $v_S(t)$ ci-dessus, estimer $< V_S >$. *(Justifier en hachurant les aires appropriées)*

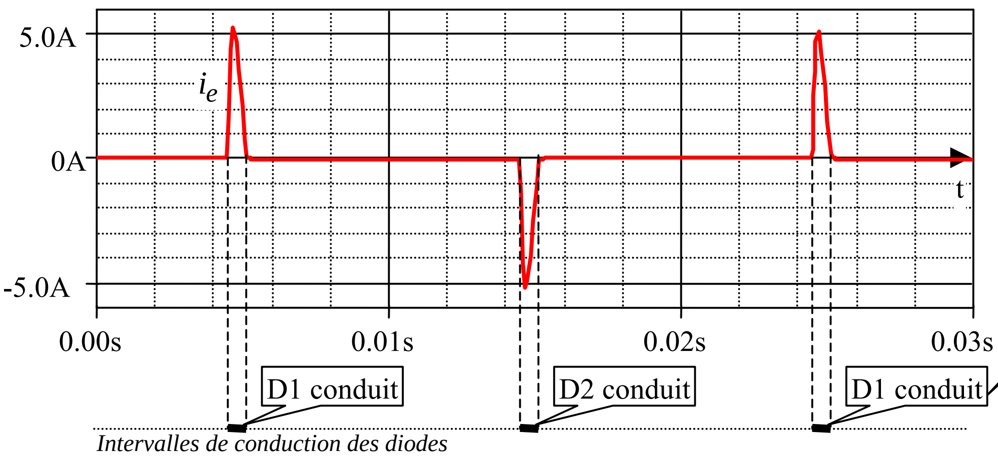
g) Estimer valeur numérique de la puissance active reçue par la charge qui consomme le courant I_S.
(Expliquer la démarche en quelques mots).

h) Estimer la puissance active fournie par la source $v_e(t)$. (On supposera les diodes idéales).
(Expliquer la démarche en quelques mots).

i) On souhaite dimensionner la diode D1.
En utilisant la loi des nœuds, déterminer la valeur numérique de $< I_{D1} >$. *Expliquer le raisonnement en quelques mots.*

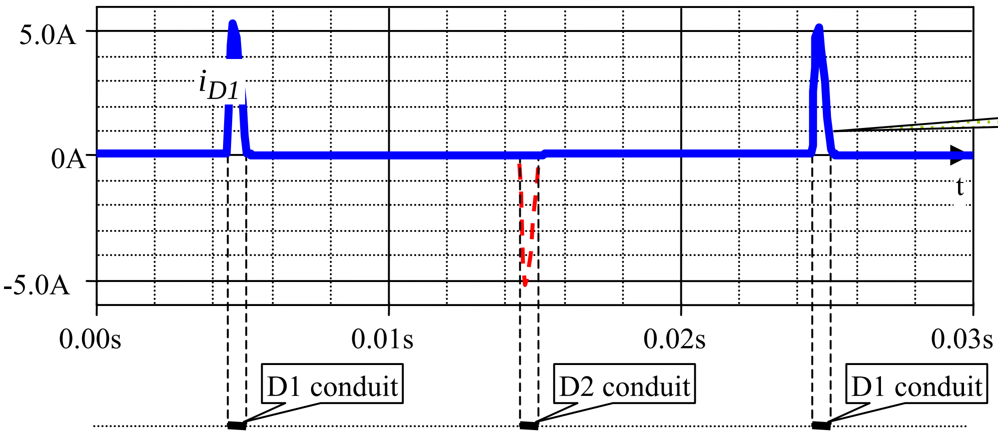
Par simulation, on sait déjà que $I_{e_{eff}} = 888\ mA$. En comparant $i_e(t)$ et $i_{D1}(t)$, exprimer la valeur numérique de $I_{D1_{eff}}$ sous forme d'une fraction. *Expliquer.*
(Le devoir se déroulant sans calculette, on ne demande pas de calculer cette fraction)

Corrigé ;



a)
Lorsque $i_e > 0$, D1 conduit.
Lorsque $i_e < 0$, D2 conduit.

1 pt



b) On en déduit $i_{D1}(t)$

1 pt

c) Lorsque D1 conduit ([5]) $v_{C1} = v_e \approx +160\ V$. Lorsque D2 conduit $v_{C2} = -v_e \approx +160\ V$. 0,5pt

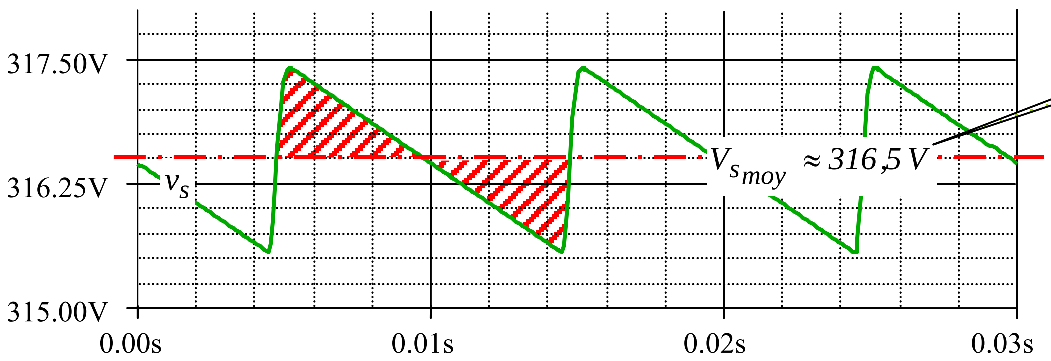
d) Si la valeur des deux condensateurs identiques « C1 » et « C2 » est suffisamment élevée pour que l'ondulation des tensions $v_{C1}(t)$ et $v_{C2}(t)$ soit très faible **par rapport à** sa valeur moyenne, on en déduit que $v_{C1} \approx +160\ V$. et $v_{C2} \approx +160\ V$ quelque soit l'instant.
Donc $v_s(t) = v_{C1}(t) + v_{C2}(t) = 160 * 2 = 320\ V$ 0,5pt
On trouve la fonction « doubleur de tension ». Ce résultat est confirmé par le graphe de $v_s(t)$

e) Sur l'intervalle $\Delta t = 9\ ms$ *pendant lequel* $i_e(t) = 0$, les deux condensateurs identiques « C1 » et « C2 » sont en série avec la source de courant i_s. Les deux condensateurs en série $C_1 = C_2 = C$ sont équivalents à

$$C_{eq} = \left(C_1^{-1} + C_2^{-1}\right)^{-1} = \frac{C}{2} \Rightarrow i_s = 0{,}1\ A = C_{eq} \cdot \frac{d\left(-v_s(t)\right)}{dt} = \frac{C}{2} \cdot \frac{\Delta\left(v_s(t)\right)}{\Delta t} = \frac{C}{2} \cdot \frac{1{,}8}{9 \cdot 10^{-3}} = \frac{C}{2} \cdot 2 \cdot 10^{2}$$

$$\Rightarrow C = C_1 = C_2 = \frac{0{,}1}{10^{2}} = 1\ mF$$ 1 pt

([5]) On suppose que v_e n'a pas le temps de varier pendant cet intervalle. Les diodes « D1 » et « D2 » sont supposées idéales.



f) 1 pt

g) Le courant i_s étant constant, la puissance active reçue par la charge est $P = < V_s > . I_s$

$\Rightarrow P = 316{,}5 \,.\, 0{,}1 = 31{,}6\ W$ 1 pt

h) Les diodes sont supposées idéales. Elles ne consomment aucune puissance.
La puissance active dans un condensateur est nulle. 0,5pt
La puissance active est conservative.
Donc $P_e = < v_e(t) . i_e(t) > = P_{D1} + P_{D2} + P_{C1} + P_{C2} + P_{i_s} = 0 + 0 + 0 + 0 + 31{,}6\ W = 31{,}6\ W$ 0,5pt

i) D'après la loi des nœuds : $I_{D1}(t) = I_{C1}(t) + i_s \quad \Rightarrow < I_{D1} > = < I_{C1} > + < i_s > = 0 + 0{,}1 = 0{,}1\ A$ 1 pt
car la valeur moyenne d'une somme est la somme des valeurs moyennes, et le courant moyen dans un condensateur est nul

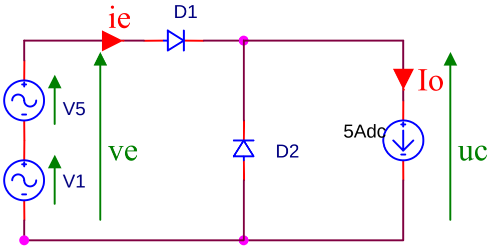
Si on représente les graphes de $i_e(t)^2$ et de $i_{D1}(t)^2$, il est évident que $< i_e(t)^2 > \; = 2 . < i_{D1}(t)^2 >$

donc $\sqrt{< i_e(t)^2 >} \; = \sqrt{2 . < i_{D1}(t)^2 >} = \sqrt{2} . \sqrt{< i_{D1}(t)^2 >}$

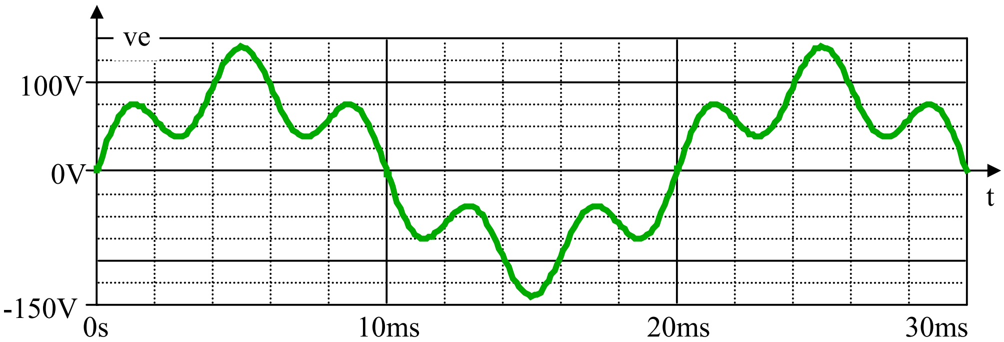
donc $I_{e_{eff}} \; = 0{,}888\ A \; = \sqrt{2} . I_{D1_{eff}}$

$\Leftrightarrow I_{D1_{eff}} \; = \dfrac{0{,}888}{\sqrt{2}}\ A$ 1,5 pt

10. Redressement mono-alternance d'une tension avec un harmonique 5

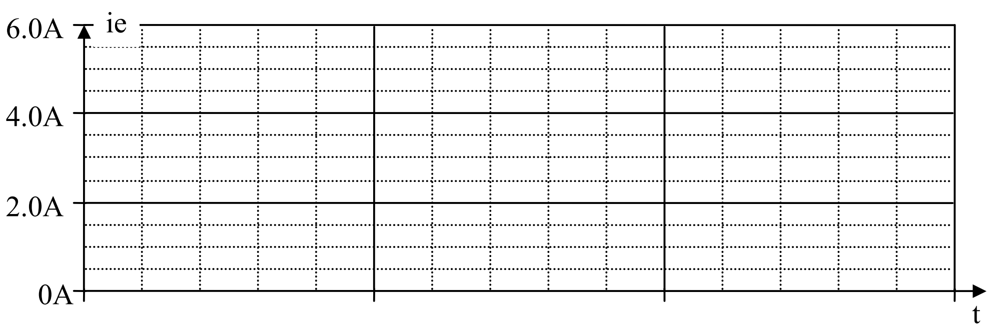


Le redresseur mono-alternance ci-contre est alimenté par une tension $v_e(t)$ qui n'est pas alternative sinusoïdale. Cette tension peut être décrite par l'expression : $v_e(t) = 100.\sin(100.\pi.t) + 40.\sin(500.\pi.t)$.
Il est chargé par une charge qui peut être modélisée par une source de courant constant $I_o = 5\ A$
Les diodes sont supposées **idéales**.

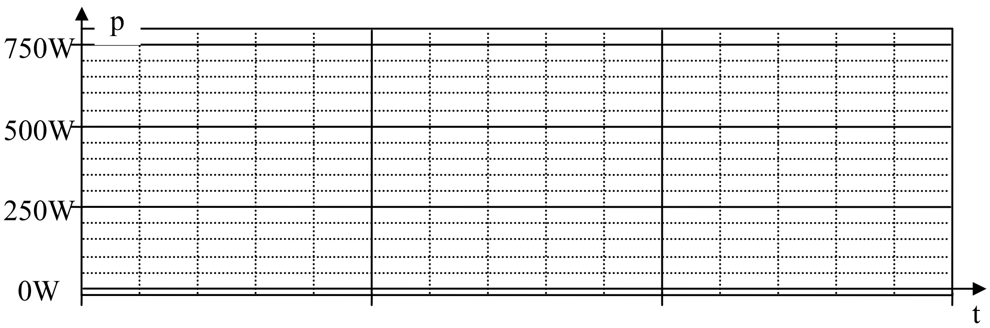


a) Indiquer les intervalles de conduction de chaque diode

b) Représenter ci-contre le graphe de $u_c(t)$. Calculer $< U_c >$



c) Représenter ci-contre le graphe de $i_e(t)$. En déduire i_{eff} .

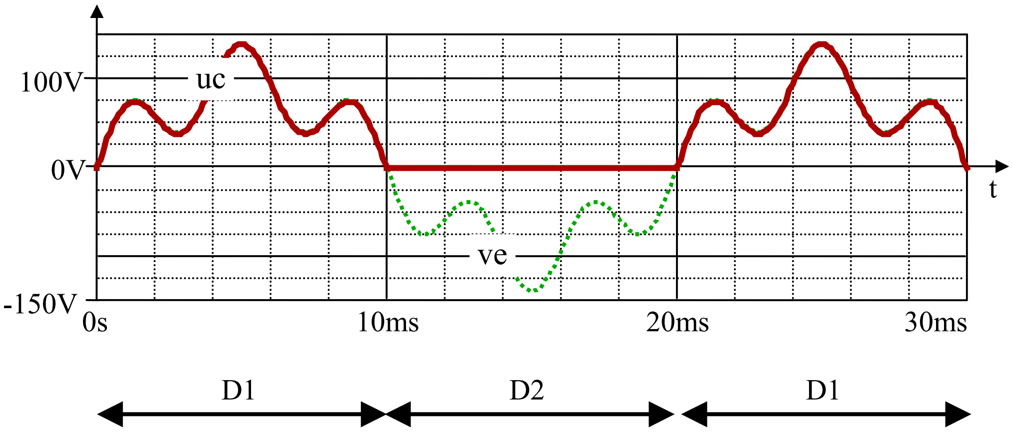


d) Représenter ci-contre le graphe de la puissance instantanée $p(t)$ en entrée du montage ([6]).
En déduire la puissance active consommée par ce montage.

([6]) Au niveau de $v_e(t)$ et de $i_e(t)$

Corrigé :

Avant tout autre chose : Les diodes D1 et D2 sont reliées par leur cathode. Le courant Io n'est pas nul. Donc à chaque instant, la diode conductrice est celle dont le potentiel d'anode est le plus élevé. Donc lorsque $v_e(t) > 0$: D1 conduit. Lorsque $v_e(t) < 0$: D2 conduit.



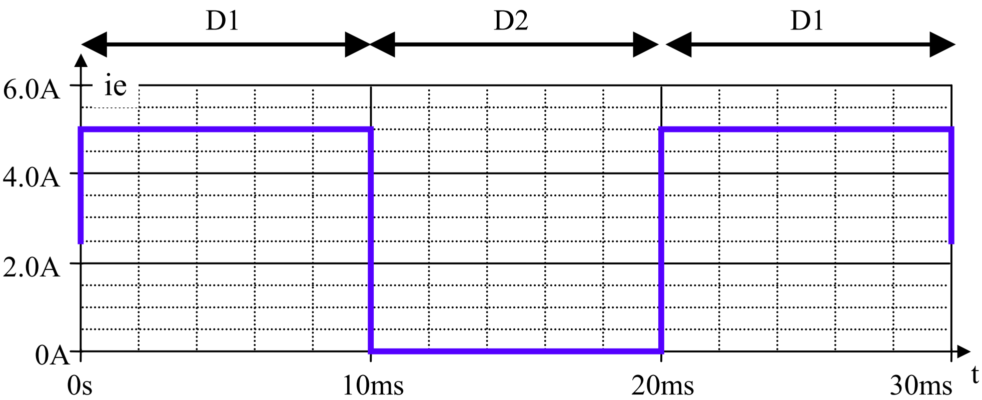
a) et b) Lorsque D1 conduit : $u_c(t) = v_e(t)$.
Lorsque D2 conduit : $u_c(t) = 0$

$$< U_c > = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} v_e(t).dt = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} \left(V_{1max}.sin(\omega.t) + V_{5max}.sin(5.\omega.t)\right).dt \quad \text{avec } \omega = \frac{2.\pi}{T} = 100.\pi \ rad/s$$

$$\Rightarrow < U_c > = \frac{1}{T}.\left\{\frac{V_{1max}}{\omega}.\left[-cos(\omega.t)\right]_0^{\frac{T}{2}} + \frac{V_{5max}}{5.\omega}.\left[-cos(5.\omega.t)\right]_0^{\frac{T}{2}}\right\}$$

$$\Rightarrow < U_c > = \frac{1}{T.\omega}.\left\{V_{1max}.\left[-cos(\pi) + cos(0)\right] + \frac{V_{5max}}{5}.\left[-cos(5.\pi) + cos(0)\right]\right\}$$

$$\Rightarrow < U_c > = \frac{1}{2.\pi}.\left\{2.V_{1max} + 2.\frac{V_{5max}}{5}\right\} = \frac{V_{1max}}{\pi} + \frac{V_{5max}}{5.\pi} = \frac{100}{\pi} + \frac{40}{5.\pi} = 34{,}4 \ V$$

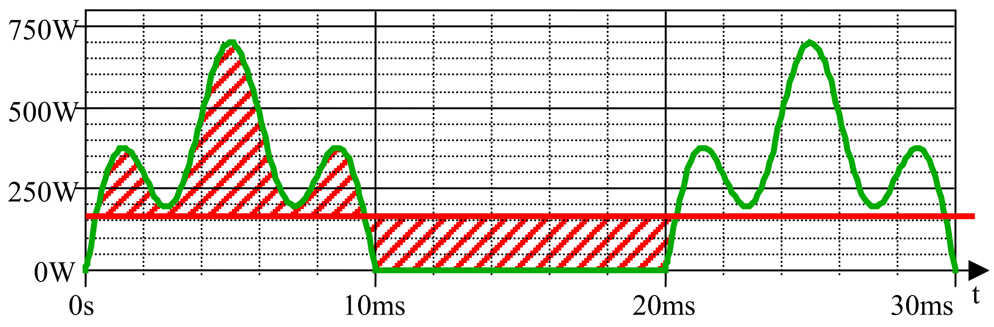


c) Lorsque D1 conduit : $i_e(t) = Io = 5 \ A$.
Lorsque D2 conduit : $i_e(t) = 0$

$$I_{eff} = \sqrt{\left(i_e(t)^2\right)_{moy}}$$

$$\Rightarrow I_{eff} = \sqrt{\frac{Io^2}{2}} = \frac{Io}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow I_{eff} = \frac{5}{\sqrt{2}} = 3{,}54 \ A$$



d) La puissance instantanée s'exprime par la relation $p(t) = v_e(t).i_e(t)$.

La puissance active (ou puissance moyenne) est la valeur moyenne de la puissance instantanée.

On peut estimer graphiquement la puissance active à une valeur légèrement supérieure à 150 W.

On constate que le graphe de la puissance instantanée est identique à celui de $u_c(t)$ à un facteur 5 près.
On pouvait le prévoir car les diodes, supposées idéales, ne consomment aucune puissance. Et donc le convertisseur, constitué des deux diodes est un convertisseur « à liaison directe ». Il conserve donc la puissance instantanée $p(t) = v_e(t).i_e(t) = u_c(t).i_c(t)$.
Il conserve donc la puissance active.

$$\Rightarrow P = < v_e(t).i_e(t) > = < u_c(t).i_c(t) > = < U_c > .Io = 34{,}4 * 5 = 172\,W$$