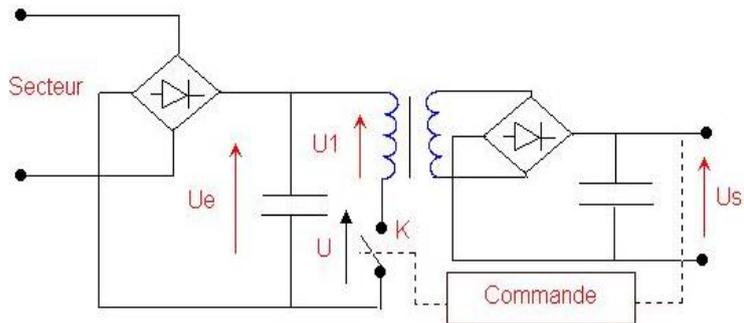
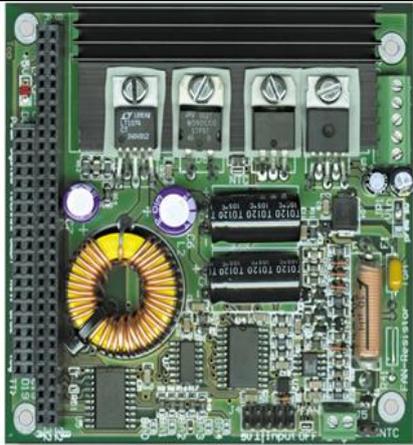
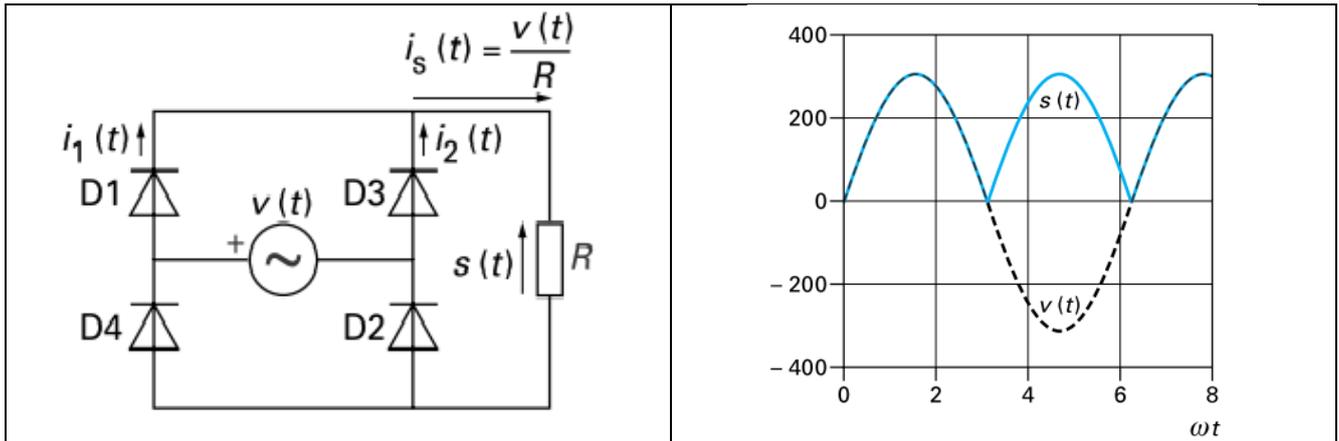


Les redresseurs fixes



Redresseur et filtre 50 Hz

Transformateur, redresseur et filtre 10 à 20 kHz (l'interrupteur K est un transistor)

SOMMAIRE

- 1 INTRODUCTION 2**
 - 1.1 FONCTIONS REALISEES 2
 - 1.2 DOMAINES D'UTILISATION 2
 - 1.3 TYPES DE FONCTIONNEMENT DU CONVERTISSEUR ET DESIGNATION 2
- 2 REDRESSEURS NON COMMANDES A DIODES, TENSION DE SORTIE FIXE 3**
 - 2.1 PRINCIPE DE CONDUCTION POUR LES MONTAGES REDRESSEURS PARALLELES (FIG 2) 3
 - 2.2 CARACTERISTIQUES DE LA TENSION DE SORTIE VS 4
- 3 DEMARCHE DE DIMENSIONNEMENT, GRANDEURS UTILES 5**
 - 3.1 EVALUATION DES CONTRAINTES EN TENSION ET COURANT DU COMPOSANT 5
 - 3.2 CHOIX DU COMPOSANT DE PUISSANCE (DIODE) 6
- 4 ETUDE SUR CHARGE TYPE RL, ASSIMILEE A UNE SOURCE DE COURANT 7**
- 5 ALIMENTATION TRIPHASEE, MONTAGE PD3 (PARALLELE DOUBLE TRIPHASE) 8**
 - 5.1 SCHEMA ET NOTATIONS 8
 - 5.2 ETUDE DES GRANDEURS CARACTERISTIQUES : 9
- 6 EXERCICE D'EXPLOITATION DU COURS 10**

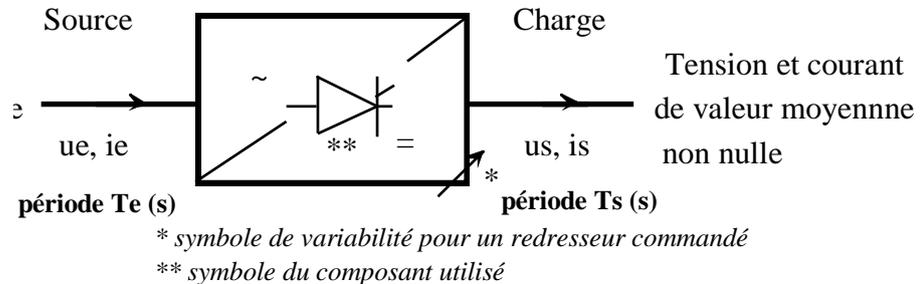
1 INTRODUCTION

1.1 Fonctions réalisées

La fonction « redresseur » consiste à transformer une tension ou un courant alternatif en son équivalent continu. Elle est essentiellement utilisée sur le réseau de distribution à 50 Hz pour réaliser des sources continues variables ou non (à un, deux ou quatre quadrants).

Elle représente une part importante des applications d'électronique de puissance.

Schéma fonctionnel d'un redresseur (fig.1)



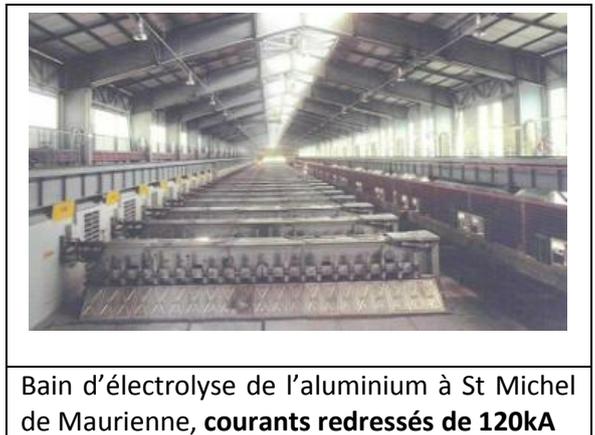
1.2 Domaines d'utilisation

La conversion alternative / continue est utilisée dans un très large plage de puissance :

- De quelques mW (milliwatts) pour les alimentations de petits ensembles électroniques (chargeur de téléphone portable),
- A plusieurs GW (gigawatts) pour l'interconnexion de réseaux de distribution d'énergie électrique de phases différentes.

Quelques applications usuelles :

- Alimentation des structures électroniques sous tension continue de bas niveau (3,3 à 15V) à partir du réseau 50Hz en HIFI, télévision, électroménager,
- Recharge des accumulateurs d'appareils nomades (téléphone, ordinateur portable...),
- Entraînement de machines à courant continu à vitesse variable,
- Electrolyse en industrie électrochimique.



Bain d'électrolyse de l'aluminium à St Michel de Maurienne, courants redressés de 120kA

1.3 Types de fonctionnement du convertisseur et désignation

A) Variabilité de la tension de sortie moyenne <Vs> :

Tension de sortie <Vs> à valeur moyenne fixe	REDRESSEUR NON COMMANDE à diodes
Tension de sortie <Vs> à valeur moyenne variable	REDRESSEUR COMMANDE à thyristors ou diodes + thyristors (mixte).

B) Sens de transfert de l'énergie

Transfert d'énergie du réseau au récepteur, <Vs> et <Is> sont de même signe.	Fonctionnement REDRESSEUR
Transfert d'énergie de la charge au réseau, <Vs> et <Is> sont de signe contraire.	Fonctionnement en ONDULEUR ASSISTE* (seulement pour les redresseurs complètement commandés)

* Dans ce dernier cas, la charge doit être réversible : situation d'une MCC fonctionnant en génératrice.

Le programme d'étude de CPGE TSI est limité aux redresseurs fixes à diodes.

2 REDRESSEURS NON COMMANDES A DIODES, TENSION DE SORTIE FIXE

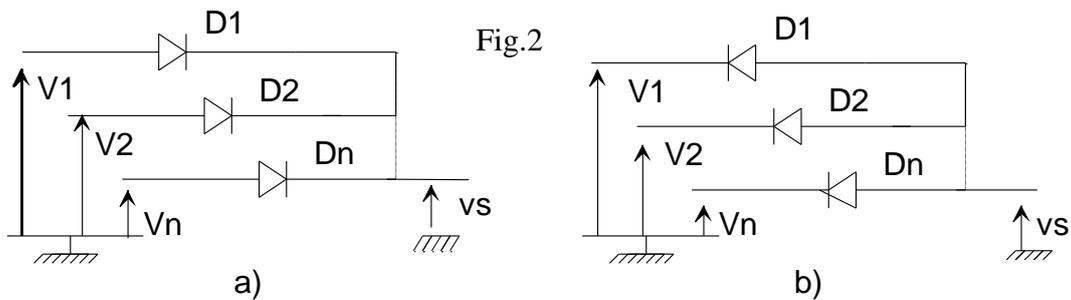
2.1 Principe de conduction pour les montages redresseurs parallèles (fig 2)

Montage à Cathodes Communes (fig 2 a)

C'est la diode dont le potentiel d'anode est le plus élevé qui conduit, la tension v_s est égale à la tension la plus positive.

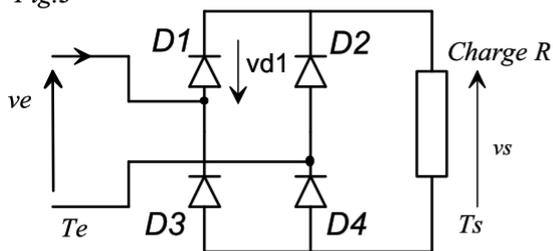
Montage à Anodes Communes (fig. 2 b)

C'est la diode dont le potentiel de cathode est le plus négatif qui conduit, la tension v_s est égale à la tension la plus négative.



Exemple (fig.3) : redresseur monophasé bi-alternance en pont de graetz (désignation **PD2**)

Fig.3



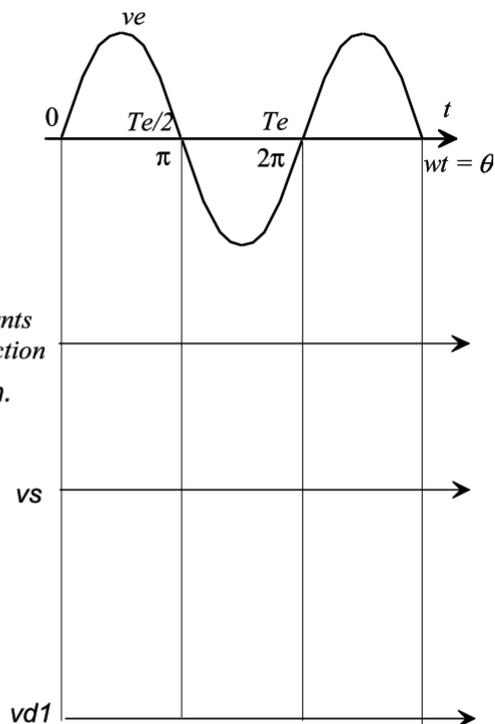
T_e, T_s période en entrée, en sortie

Etablissement des intervalles de conduction à partir du principe de conduction.

Si $v_e > 0$

Si $v_e < 0$

Compléter les graphes de v_s puis de v_{d1}



Comparer la période de v_s à la période de v_e

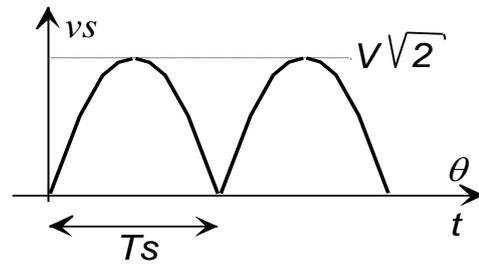
2.2 Caractéristiques de la tension de sortie v_s

L'expression de v_e , de période T_e , est avec V tension efficace de la source alternative :

$$v_e = V\sqrt{2} \sin \omega t = V\sqrt{2} \sin \theta$$

La tension de sortie v_e est périodique de période T_e .

Rappel : $\omega t = \theta$



Déterminer les expressions suivantes à partir des définitions générales vues en cours. Attention à la variable d'intégration choisie, temps t ou angle θ .

2.2.1 Valeur Moyenne $\langle V_{so} \rangle$

Elle est utile pour déterminer la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu raccordé en sortie.

2.2.2 Valeur Efficace V_s :

Elle permet de dimensionner les interrupteurs et d'évaluer les pertes.

2.2.3 Facteur de Forme $F_f = V_s / V_{so}$

Il illustre la forme de l'onde, en particulier l'importance des pointes vis-à-vis de la valeur moyenne.

3 DEMARCHE DE DIMENSIONNEMENT, GRANDEURS UTILES

Afin de pouvoir dimensionner et choisir les éléments constitutifs d'un redresseur, essentiellement les diodes et le radiateur de refroidissement, il est nécessaire :

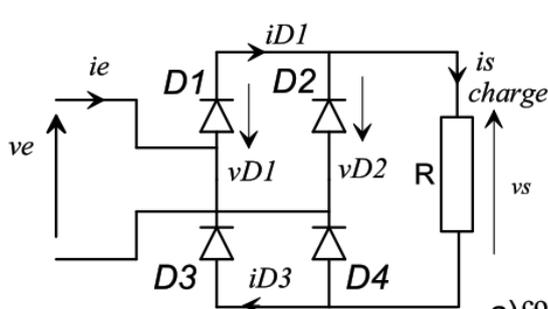
- d'évaluer les contraintes en tension et courant que les composants subissent pour les choisir,
- d'évaluer ensuite la puissance dissipée à partir du modèle de pertes du composant,
- d'évaluer les échauffements à partir du modèle thermique du composant dans son environnement,
- de dimensionner un radiateur de refroidissement.

3.1 Evaluation des contraintes en tension et courant du composant

Méthode à suivre :

- Déterminer dans un premier temps les composants en conduction selon les différents intervalles de fonctionnement.
- Etablir les schémas réduits pour chacune des phases de fonctionnement, en remplaçant un composant en conduction par un fil et un composant bloqué (non conducteur) par un circuit ouvert.
- Ecrire les lois des mailles et des nœuds afin de déterminer l'allure des différents signaux.
- Déterminer à partir de ces signaux, des caractéristiques de la source et de la charge les grandeurs de dimensionnement ([courant efficace I_{RMS} [root mean square], courant moyen I_{AV} [average], tension inverse maximale répétitive V_{RRM} [voltage repeat reverse maximum]).

3.1.1 Etude pour une charge résistive R (on donne $V_{efficace} = 230V$, $R = 30\text{ ohms}$)

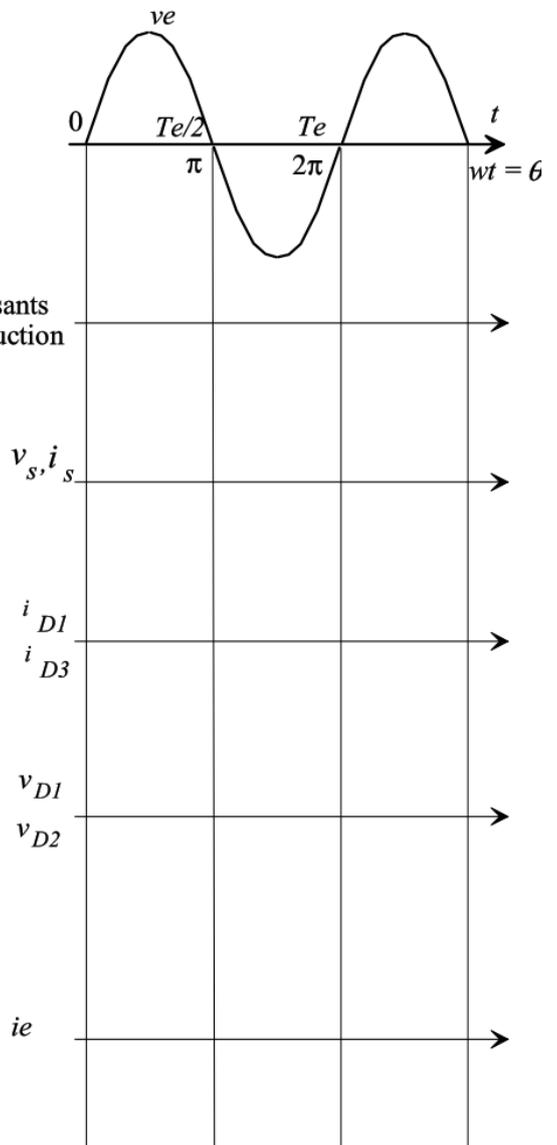


b) Schéma réduit de 0 à T/2

Schéma réduit de T/2 à T

c) Loi des noeuds

Loi des mailles



d) Tracer l'ensemble des signaux à partir de relations que vous fournirez. Situer les contraintes maximales en tension et courant sur les diodes.

Propriétés d'un pont redresseur idéal (sans pertes)

- Tension moyenne de sortie $\langle V_{so} \rangle$,

- Relations de puissance

Puissance active d'entrée P_E (W) et de sortie P_S (W)

Puissance apparente d'entrée S_E (VA) et facteur de puissance d'entrée FP_E

- Conclusion sur les redresseurs considérés idéaux

Expression et détermination numérique des contraintes de choix des composants (Diodes)

- Courant moyen (Average) $\langle I_{D1} \rangle$ ou I_{AV} ou I_0
- Courant efficace (RMS Root Mean Square) I_{D1} ou I_{RMS}
- Tension inverse répétitive maximale (Voltage Reverse Repeat Maximum) ou V_{RRM}

3.2 Choix du composant de puissance (Diode)

Choisir une diode dans le tableau ci-dessous en prenant un coefficient de sécurité de 25%

Tableau de choix de diodes

TYPES	I_F (A)	I_0 (A)	V_{RRM} (V)	I_{FRM} (A)	I_{FSM} (A) 10 ms	V_{FM} (V)	I_R (mA)	Boitier Case
3 A / $t_{amb} = 150^\circ C$ $t_{vj} = 175^\circ C$ $I^2t = 200 A^2.s$						$I_{FM}=10 A$	$t_{vj}=150^\circ C$	
1N 1581, (R) 1N 1582, (R) 1N 1583, (R) 1N 1583, (R) 1N 1584, (R) 1N 1585, (R) 1N 1586, (R) 1N 1587, (R)	3,2	3	50 100 200 300 400 500 600	15	200	1,2	0,5	D0 4
6A / $t_{amb} = 150^\circ C$ $t_{vj} = 175^\circ C$ $I^2t = 200 A^2.s$						$I_{FM}=20 A$	$t_{vj}=150^\circ C$	
1N 1341 B, (R) 1N 1342 B, (R) 1N 1344 B, (R) 1N 1345 B, (R) 1N 1346 B, (R) 1N 1347 B, (R) 1N 1348 B, (R) 1N 3988 , (R) 1N 3990 , (R)	7	6	50 100 200 300 400 500 600 800 1000	30	200	1,2	0,5	D0 4



4 ETUDE SUR CHARGE TYPE RL, ASSIMILEE A UNE SOURCE DE COURANT

Si la constante de temps $\tau = L/R$ de la charge est grande devant la période de la tension redressée v_s , on admet que le courant dans la charge est quasi-constant. Ce qui revient à dire que la charge se comporte comme une source de courant pour la durée des phénomènes étudiés.

Ce type d'étude est très classique pour les redresseurs.

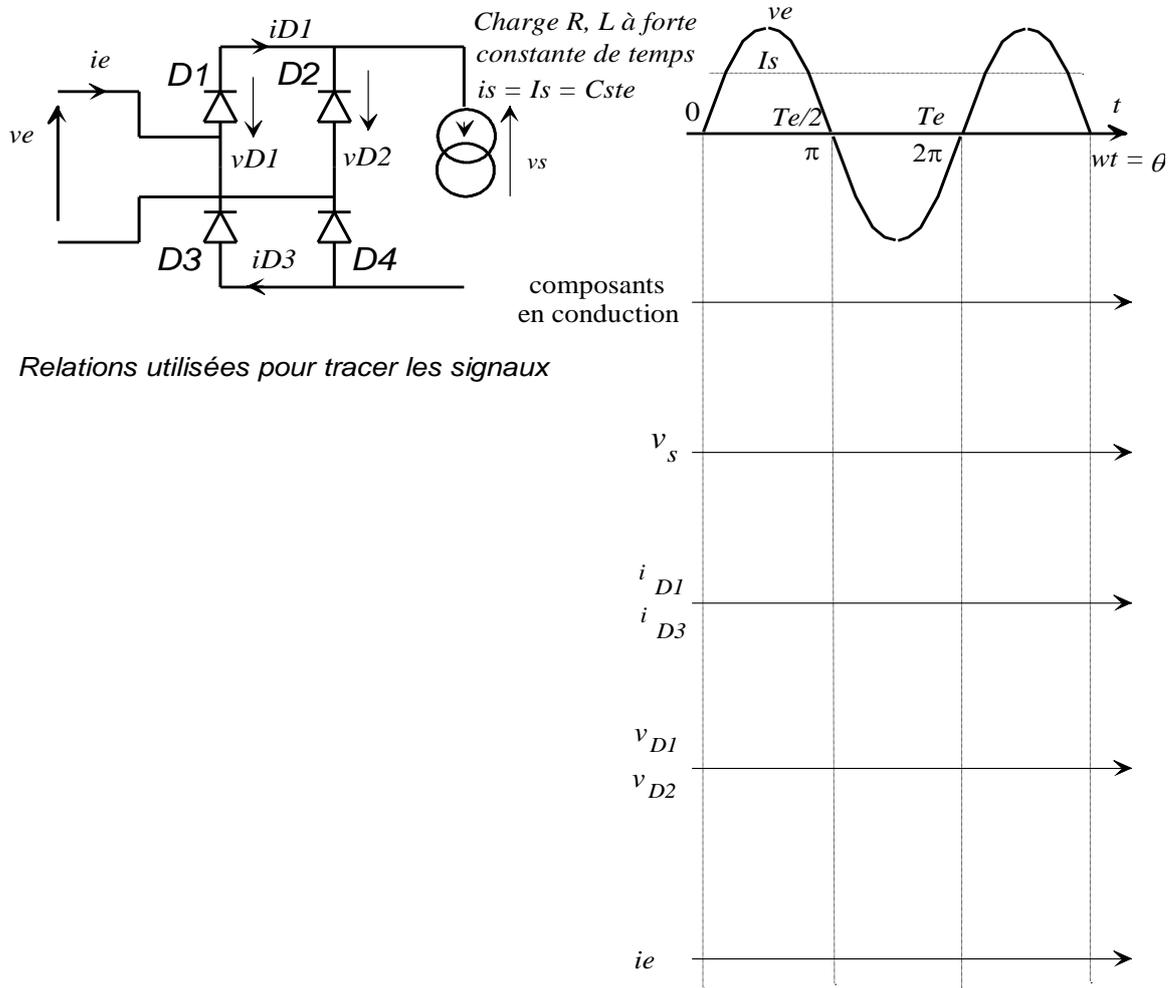


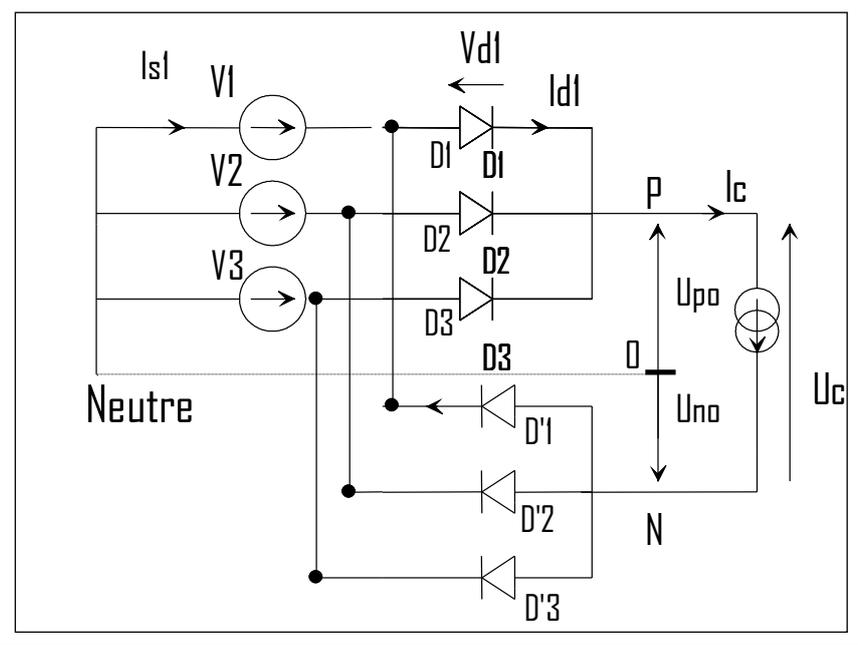
Fig.5

Suivre la même démarche que pour le montage précédent avec $I_s = 10A = \text{constante}$ et $V = 230 V$ efficace :

- Tracer l'ensemble des signaux.
- Exprimer littéralement et déterminer numériquement V_{S_AV} , I_{D1_AV} , I_{D1_RMS} , V_{RRM}
- Choisir les diodes avec un coefficient de sécurité de 50%.

5 ALIMENTATION TRIPHASEE, MONTAGE PD3 (PARALLELE DOUBLE TRIPHASE)

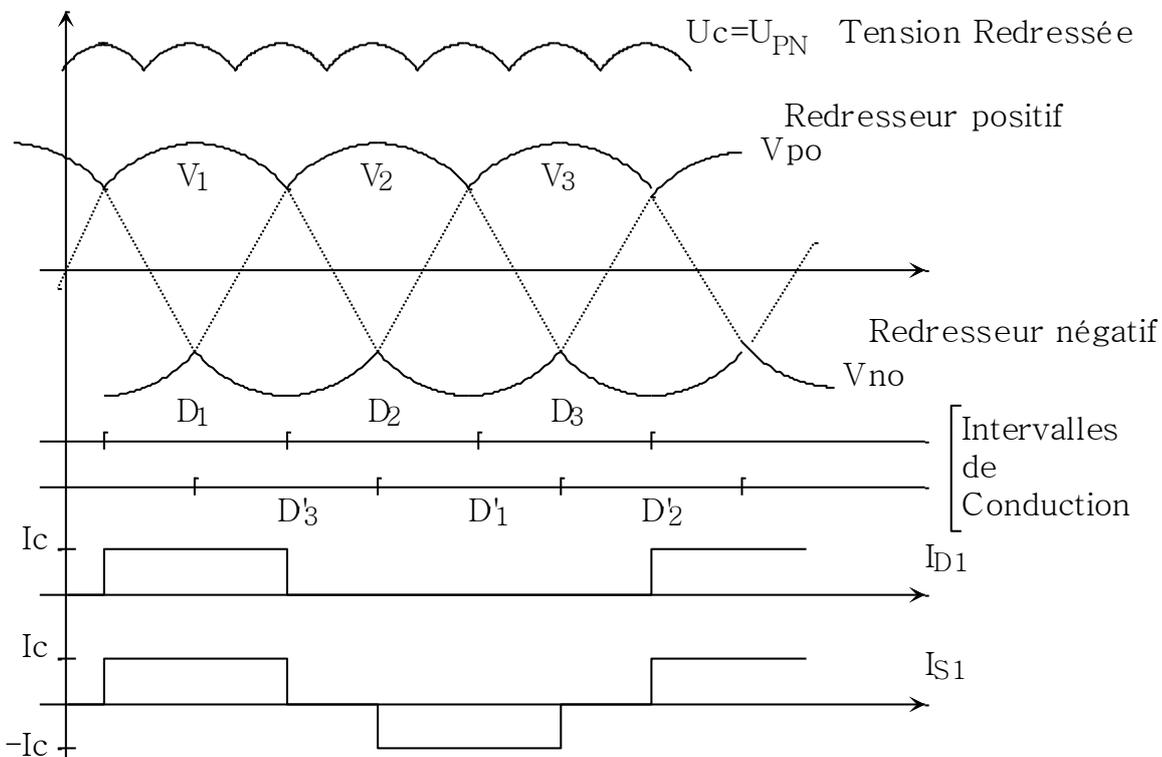
5.1 Schéma et notations



On a $U_c = U_{p0} - U_{N0}$ avec à tout instant

- U_{p0} tension la plus positive des tensions V_i fournie par le montage à cathodes communes.
- U_{N0} tension la plus négative des tensions V_i fournie par le montage à anodes communes.

La période T_s du signal de sortie est égale à $1/6^{\text{ème}}$ de celle d'entrée (6 calottes de sinusoïdes pour une période T_e du réseau, $T_s = T_e / 6$).



5.2 Etude des grandeurs caractéristiques :

5.2.1 Tension redressée moyenne en sortie $\langle U_c \rangle$

- Première méthode (fastidieuse) : Utiliser l'expression $\langle U_c \rangle = \langle U_{p0} \rangle - \langle U_{N0} \rangle$
- **Seconde méthode, plus rapide si le signal étudié est bien défini.**
 - Représenter correctement sur la figure ci-contre **l'allure du signal $u_c(t)$ ou $U_c(\vartheta)$** permettant de poser directement l'intégrale de calcul,
 - Utiliser la tension alternative composée U centrée sur son maximum et de période $T_s = T_e/6$ (étude de la calotte de sinusöide de période T_e)

Montrer avec la seconde méthode que :

$$\langle U_c \rangle = 3 \frac{U \cdot \sqrt{2}}{\pi} = 3 \frac{V \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2}}{\pi}$$

5.2.2 Tension inverse aux bornes des diodes

Il suffit d'écrire une loi des mailles incluant la diode D que l'on veut étudier et se rebouclant par une diode qui lui est parallèle. Comme on connaît les intervalles de conduction on peut déduire le potentiel V_D étape par étape.

Pour V_{D1} on peut écrire : $V_1 - V_{D1} + V_{D2} - V_2 = 0$

- **Exprimer complètement V_{D1}** $V_{D1} =$
- **Déduire séquence par séquence son tracé page précédente**
- **Exprimer alors la contrainte V_{RRM} de choix.**

5.2.3 Courants dans les diodes :

On admet que la charge RL est telle que le courant de sortie est constant et égal à I_c .

Pour une diode :

- **Représenter le courant sur une période,**
- **Déterminer le courant moyen $\langle I_D \rangle$ et le courant efficace I_D .**

5.2.4 Courants en ligne fournit par une phase :

On admet que la charge RL est telle que le courant de sortie est constant et égal à I_c .

Pour le courant dans la phase 1 noté I_{s1}

- Ecrire la loi des nœuds utile,
- Représenter le courant I_{s1} sur une période,
- Déterminer l'expression de sa valeur moyenne $\langle I_{s1} \rangle$ et de sa valeur efficace I_{s1} .



6 EXERCICE D'EXPLOITATION DU COURS

Moteur à courant continu de portail alimenté par redresseur fixe

La tension d'alimentation est $v_e(\vartheta) = V\sqrt{2} \sin \vartheta$

Avec $V = 230 V$ valeur efficace de la tension réseau

Le moteur est à aimants permanents pour son excitation.

L'inductance du moteur est telle que l'on considère le courant i_c parfaitement lissé; $i_c = I_c = cste$.



Le moteur est alimenté par le montage suivant (fig.1):

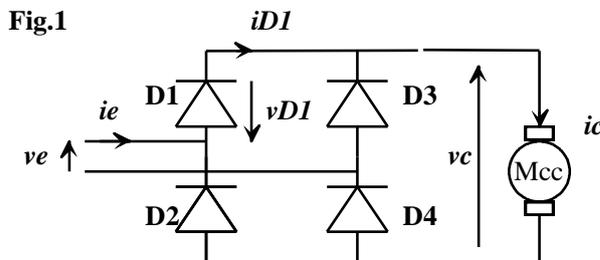
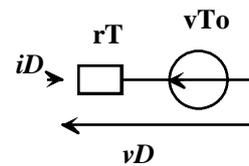


Fig.2



Caractéristiques électriques, critères de choix des composants de puissance

1) Sur le document réponse DR1, établir dans l'ordre le tracé :

- des grandeurs connues v_e et i_c ,
- des intervalles de conduction des commutateurs.

2) Déduire alors séquence par séquence, les allures de v_c , i_e , v_{D1} et i_{D1} .

Tout tracé doit pouvoir être rapidement justifié

3) Exprimer la tension moyenne de sortie $\langle U_c \rangle$ en fonction de V .

Représenter le signal étudié avant de développer vos calculs.

4) Si $I_c = 10 A$, exprimer et évaluer pour une diode les grandeurs $\langle I_D \rangle$ et $I_{D\text{eff}}$.

Donner alors les caractéristiques de choix des diodes en tension et courant à partir de $I_{D\text{eff}}$ et $V_{D\text{max}}$ et en prenant une marge de sécurité de 50% sur les valeurs précédemment déterminées.

CI21 Sources alternatives et redressement

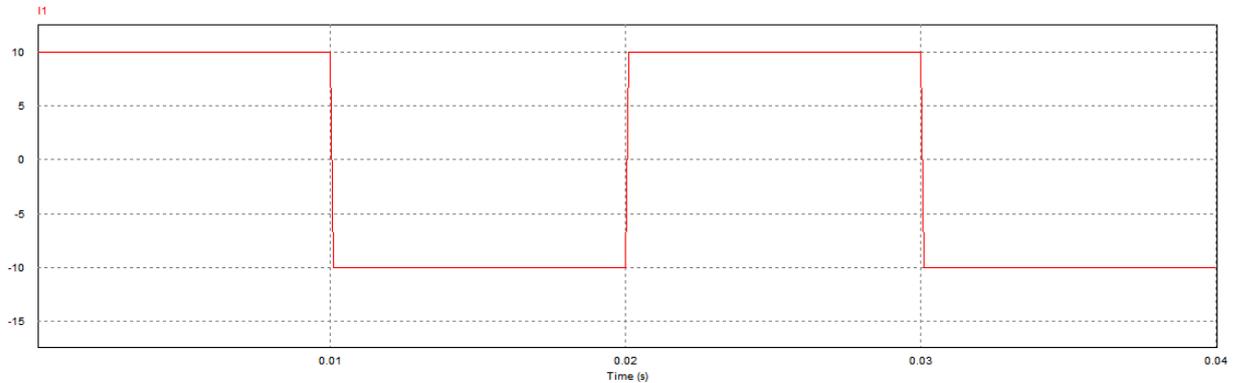
On fournit ci-dessous l'allure et le spectre de fréquence du courant en ligne. Le taux de déformation harmonique (THD) doit être limité à 25%.

Il a pour définition.

$$THD = \frac{\sqrt{\text{Valeur efficace}^2 - \text{Valeur efficace du fondamental}^2}}{\text{Valeur efficace du fondamental}}$$

5) Estimer la valeur du THD en % et conclure.

Allure du courant en ligne $i_e(t)$



Spectre du courant $i_e(t)$

