

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE

Compte Rendu TP 2

Redressement Triphasé À Diodes

Lissage et Commutation

Membre du groupe :

- Lagha Khalil Ellah
- Amani Mouaad
- Ammiche Abdelkader Ouassim

Encadré par :

- Pr. M. Mahmoudi
- Mr. Benachour

Année universitaire 2024/2025

Sommaire

1	Introduction :	3
2	But :	3
3	Montages :	3
4	Formules du TP	4
5	Manipulation :	6
5.1	Simple Alternance :	6
5.1.1	Forme d'ondes :	6
5.1.2	Empiètement anodique :	9
5.2	Double Alternance	11
5.2.1	Montage :	11
5.2.2	Visualisation des tensions du chaque pont :	12
5.2.3	Interpretation	12
6	Partie théorique :	13
6.1	Simple Alternance :	13
6.1.1	Montage :	13
6.1.2	Formes de la tension redressée et le courant redressé :	14
6.1.3	Formes du courant redressé pour différentes valeurs de l'inductance:	15
6.1.4	Tension inverse :	16
6.1.5	Comparaison entre la pratique et la théorie :	16
6.2	Double Alternance :	17
6.2.1	Montage :	17
6.2.2	Tension redressée:	18
7	Conclusion Générale :	19

Figures

1	Montages realise dans ce TP	3
2	Tension redressée U_d	6
3	Tension inverse	6
4	Courant redressé $L_0 = 900$ mH	8
5	Courant redressé $L_1 = 189.09$ mH	8
6	Tension redressée U_d (l'empiètement anodique)	9
7	La courbe $U_d = f(I)$	10
8	La courbe $\mu = f(I)$	10
9	La courbe $X_t = f(I)$	11
10	Double Alternance	11
11	Visualisation des tensions du pont supérieur et du pont inférieur. .	12
12	Montage simple voie sans l'effet de l'inductance de fuite	13
13	Montage simple voie avec l'effet de l'inductance de fuite	13
14	Tension redressée et courant rederessé sans l'effet de l'inductance de fuite	14
15	Tension redressée avec l'effet de l'inductance de fuite	14
16	forme du courant rederessé pour $L=P_0$	15
17	forme du courant rederessé pour $L=P_{15}$	15
18	Tension inverse de D_1	16
19	l'empiètement anodique en fonction du courant	16
20	La valeur moyenne de la tension redressée en fonction du courant .	17
21	Montage double alternance	17
22	Tension du pont supérieur et du pont inférieur	18
23	Tension redressée	18

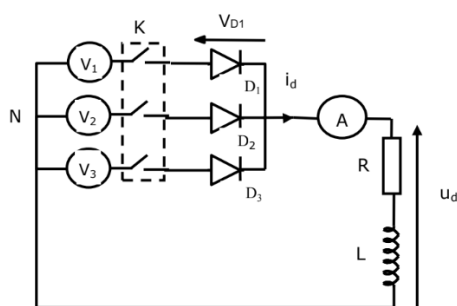
1 Introduction :

Ce TP porte sur les principes et l'application pratique du redressement triphasé à diodes, un concept clé en électronique de puissance. Il examine le comportement des tensions et courants redressés, en tenant compte de l'influence de composants tels que les inductances et des dynamiques de commutation des diodes. À travers une analyse théorique et des expérimentations pratiques, il offre une compréhension approfondie du processus de redressement et de son impact sur les performances du circuit.

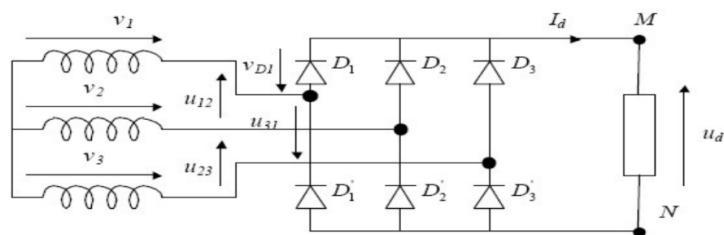
2 But :

- Visualiser les ondes redressées dans le cas du montage triphasé à commutation simple.
- Étudier l'effet de la self de lissage sur l'ondulation du courant redressé.
- Analyser le phénomène d'empiètement anodique lors de la commutation des diodes (pour simple et double alternance).

3 Montages :



(a) Simple Alternance



(b) Double Alternance

Figure 1: Montages réalisés dans ce TP

4 Formules du TP

1. Tension redressée :

$$u_d = v_j \quad \text{si les diodes } D_j \text{ sont passantes}$$

2. Valeur moyenne de la tension redressée :

$$\langle U_d \rangle = \frac{3\sqrt{3}V_{\text{eff}}}{\pi}$$

3. Valeur moyenne du courant redressé :

$$\langle I_d \rangle = \frac{\langle U_d \rangle}{R} = \frac{3\sqrt{3}V_{\text{eff}}}{\pi R}$$

4. Tension inverse maximale aux bornes d'une diode :

$$V_{D1} = V_1 - V_j \quad \text{si la diode } D_j \text{ est passante} \quad (j = 1, 2, 3)$$

$$V_{D1,\text{max}} = 2\sqrt{2}V_{\text{eff}}$$

5. Relation avec l'angle d'empiétement μ :

$$i_D = -\frac{\sqrt{6}V_{\text{eff}}}{2X_t} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) + K$$

$$\text{À } \Theta_0 = \frac{5\pi}{6} \quad \Longrightarrow \quad i_D = 0 \quad \Longrightarrow \quad K = \frac{\sqrt{6}V_{\text{eff}}}{2X_t}$$

$$\text{D'où : } i_D = \frac{\sqrt{6}V_{\text{eff}}}{2X_t} \left(1 - \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)\right)$$

$$\text{À } \Theta_1 = \Theta_0 + \mu \quad \Longrightarrow \quad i_D = I_d$$

$$\text{Ainsi : } \frac{\sqrt{6}V_{\text{eff}}}{2X_t} (1 - \cos(\mu)) = I_d$$

Ce qui donne :

$$1 - \cos \mu = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{I_d X_t}{V_{\text{eff}}}$$

6. Chute de tension due à l'empiètement anodique :

$$\langle \Delta U_d \rangle = 3S = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{5\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}+\mu} \left(\frac{V_2 - V_1}{2} \right) d\omega t$$

on a :

$$V_1 = \sqrt{2}V_{\text{eff}} \sin(\omega t), \quad V_2 = \sqrt{2}V_{\text{eff}} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$\langle \Delta U_d \rangle = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} V_{\text{eff}} \int_{\frac{5\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}+\mu} \frac{\sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) - \sin(\omega t)}{2} d\omega t$$

Utilisant l'identité trigonométrique:

$$\sin(a) - \sin(b) = 2 \cos\left(\frac{a+b}{2}\right) \sin\left(\frac{a-b}{2}\right),$$

Alors :

$$\langle \Delta U_d \rangle = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} V_{\text{eff}} \int_{\frac{5\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}+\mu} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \sin\left(-\frac{\pi}{3}\right) d\omega t.$$

$$\langle \Delta U_d \rangle = \frac{3\sqrt{6}}{4\pi} V_{\text{eff}} \left[\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \right]_{\frac{5\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}+\mu}$$

$$\langle \Delta U_d \rangle = \frac{3\sqrt{6}}{4\pi} V_{\text{eff}} (1 - \cos(\mu))$$

En Utilisant l'équation de l'angle l'empiètement anodique, on trouve :

$$\langle \Delta U_d \rangle = \frac{3\sqrt{6}}{4\pi} V_{\text{eff}} \times \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{I_d X_t}{V_{\text{eff}}} \implies \langle \Delta U_d \rangle = \frac{3I_d X_t}{2\pi}$$

7. L_n est donné par :

$$L_n = 40 + 860 \cdot \exp\left(-\frac{n}{8.56}\right) \quad [\text{mH}]$$

5 Manipulation :

- Mesure de la valeur efficace de la tension simple : $V_{eff} = 135\text{ V}$

5.1 Simple Alternance :

5.1.1 Forme d'ondes :

- Visualisation de la tension redressée et du courant redressé :

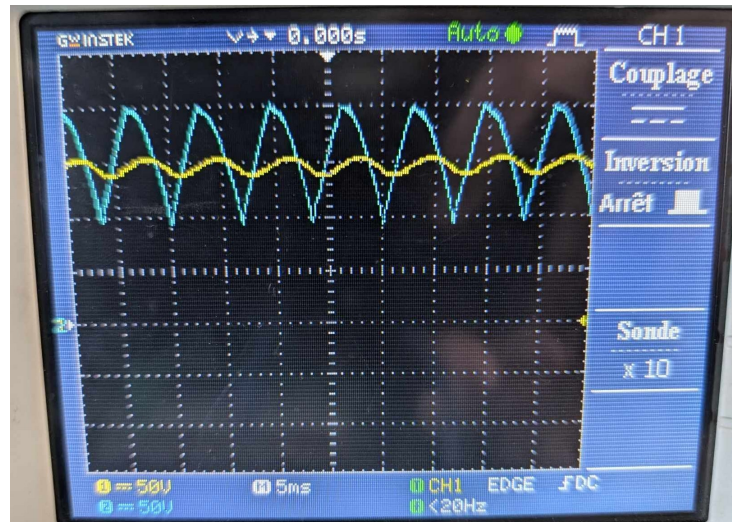


Figure 2: Tension redressée U_d

- Visualisation de la tension inverse :

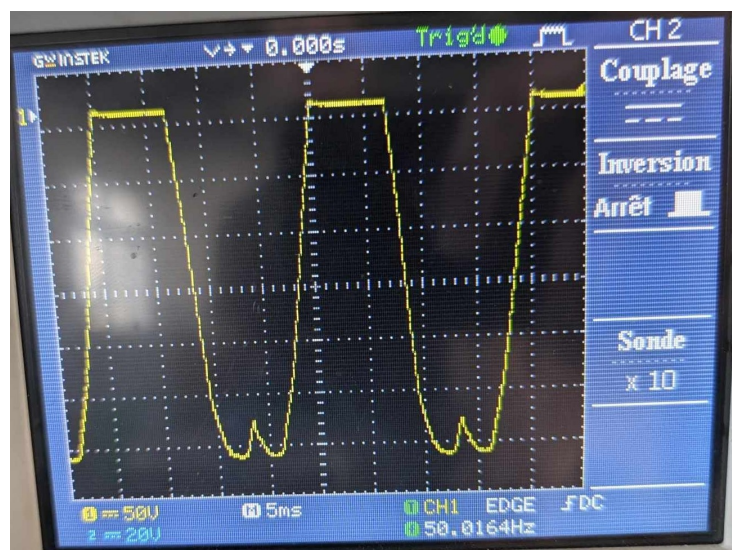


Figure 3: Tension inverse

- Les valeurs moyennes et les valeurs maximales :

$$\langle U_d \rangle = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V_{\text{eff}}, \quad V_{D\text{max}} = \sqrt{3} V_{\text{max}} = \sqrt{6} V_{\text{eff}}$$

	Théorique	Expérimentale
$\langle U_d \rangle$ (V)	157.9	155
$V_{D\text{max}}$ (V)	330.7	315

$$\langle U_d \rangle = 155 \text{ V}, \quad \langle I_d \rangle = 3 \text{ A}, \quad R = \frac{\langle U_d \rangle}{\langle I_d \rangle} = 51.66 \Omega$$

- La valeur du facteur d'ondulation :

- Théorique :

$$U_{d\text{max}} = \sqrt{2} V_{\text{eff}} = 190.9 \text{ V}$$

$$U_{d\text{min}} = \frac{U_{d\text{max}}}{2} = 95.5 \text{ V}$$

$$K = \frac{U_{d\text{max}} - U_{d\text{min}}}{2\langle U_d \rangle} = 30.2\%$$

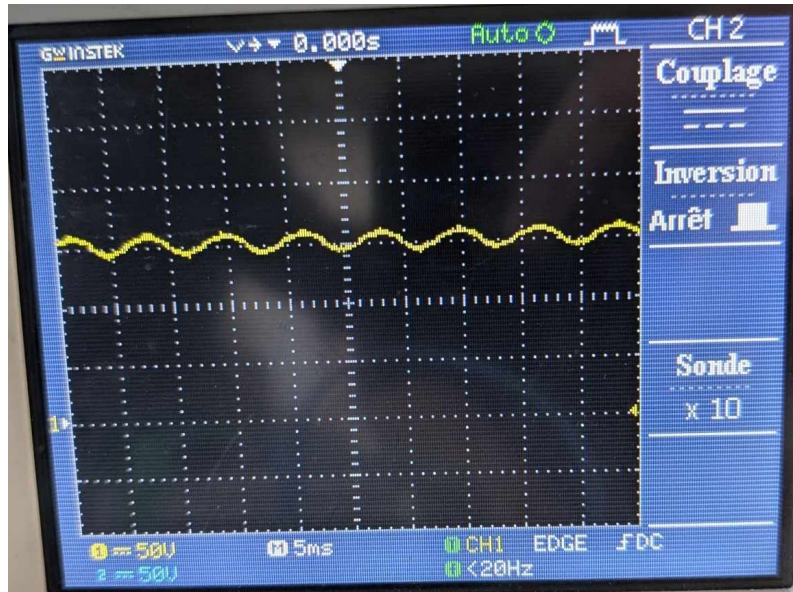
- Expérimentale :

$$U_{d\text{max}} = 191 \text{ V}$$

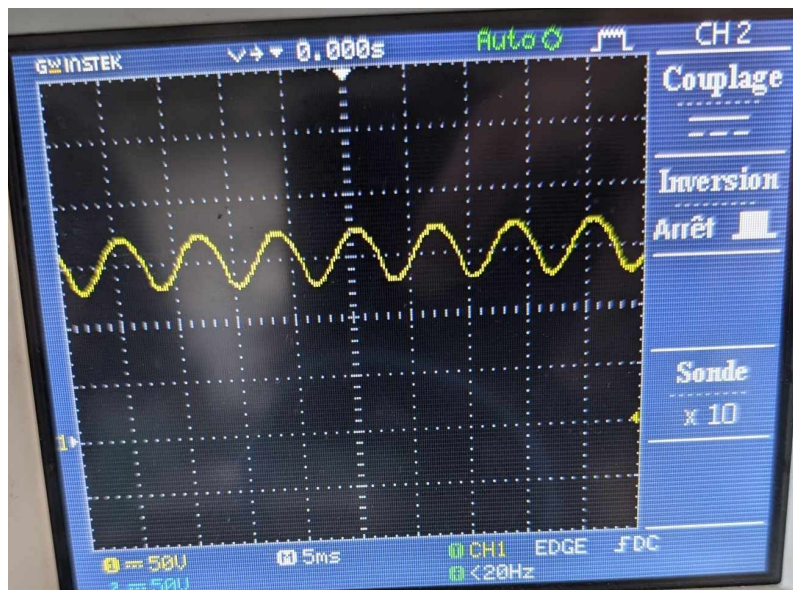
$$U_{d\text{min}} = 94 \text{ V}$$

$$K = \frac{U_{d\text{max}} - U_{d\text{min}}}{2\langle U_d \rangle} = 31.3\%$$

- Visualisation du courant redressé pour des positions du noyau de la self :
 - $P_0 : L_0 = 900 \text{ mH}$

Figure 4: Courant redressé $L_0 = 900 \text{ mH}$

- $P_{15} : L_{15} = 189.09 \text{ mH}$

Figure 5: Courant redressé $L_{15} = 189.09 \text{ mH}$

5.1.2 Empiètement anodique :

- Pour la position P_0 , $\langle I_d \rangle = 5.7A$
- Visualisation de la tension redressée zoomée (l'empiètement anodique) :

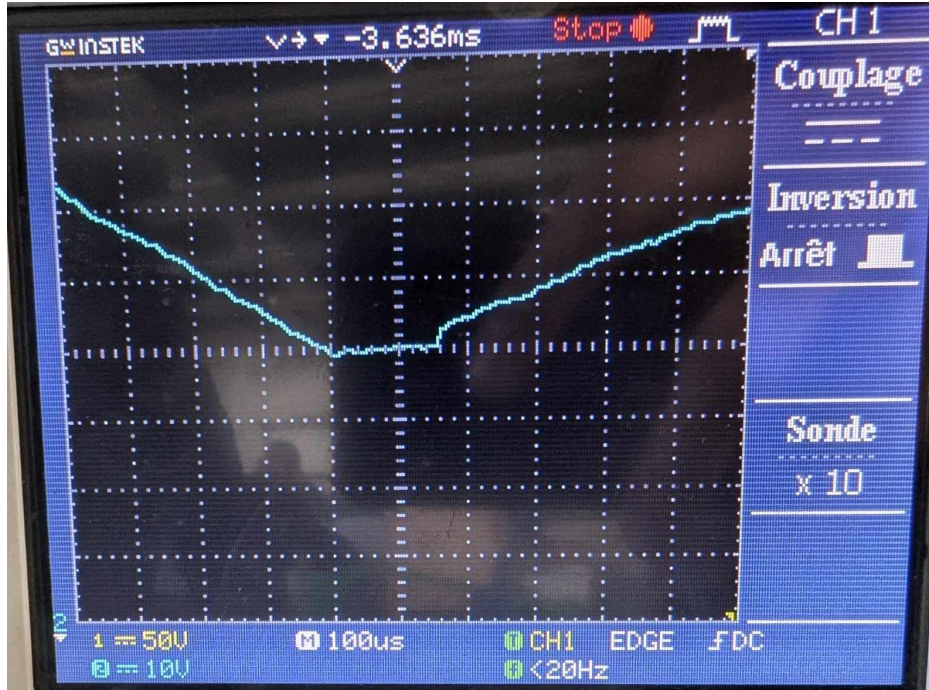
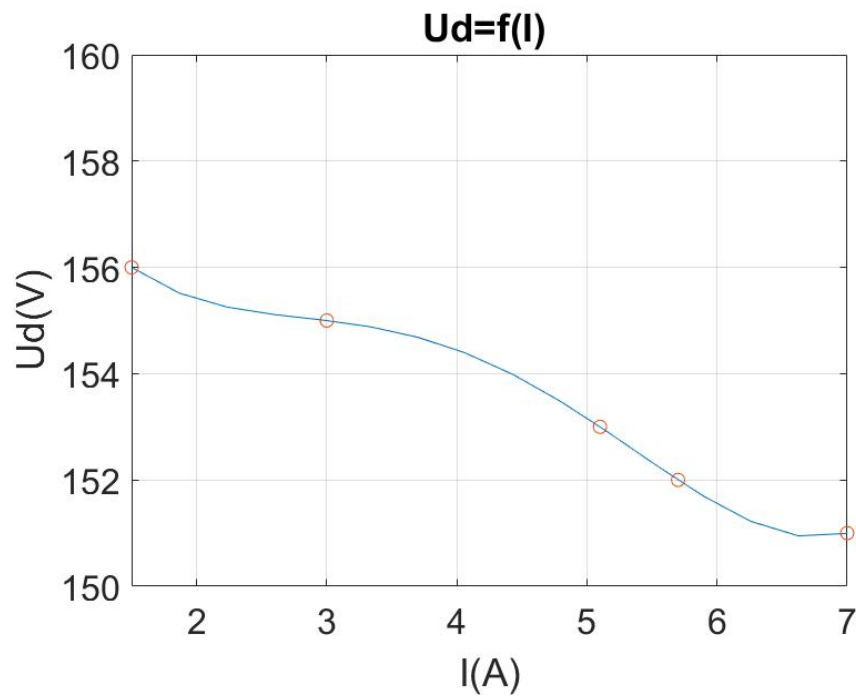
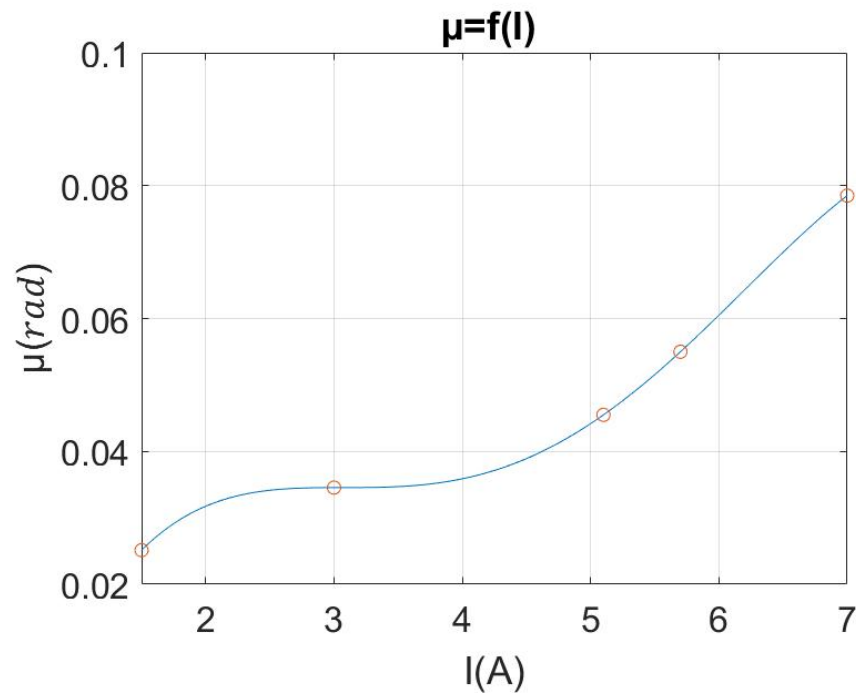


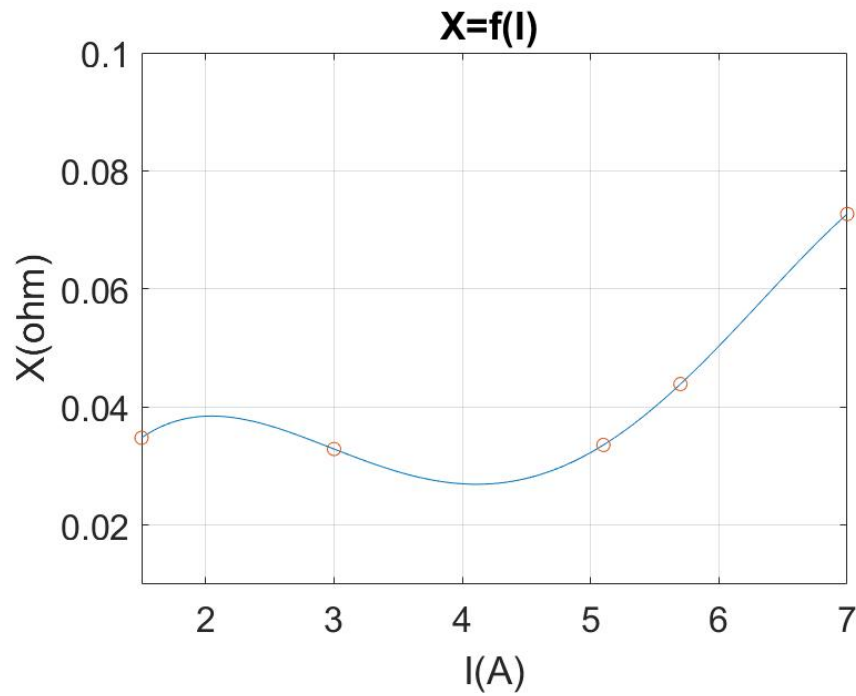
Figure 6: Tension redressée U_d (l'empiètement anodique)

- Le traçage des courbes :

$\langle I_d \rangle (A)$	1.5	3	5.1	5.7	7
$\langle U_d \rangle (V)$	156	155	153	152	151
$\mu (rad)$	0.02513	0.03455	0.0455	0.055	0.0785
$X_t (\Omega)$	0.0348	0.0329	0.0336	0.0439	0.0727

$$X_{tmoy} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 X_{t_i} = 0.04358 \Omega$$

Figure 7: La courbe $U_d = f(I)$ Figure 8: La courbe $\mu = f(I)$

Figure 9: La courbe $X_t = f(I)$

5.2 Double Alternance

5.2.1 Montage :

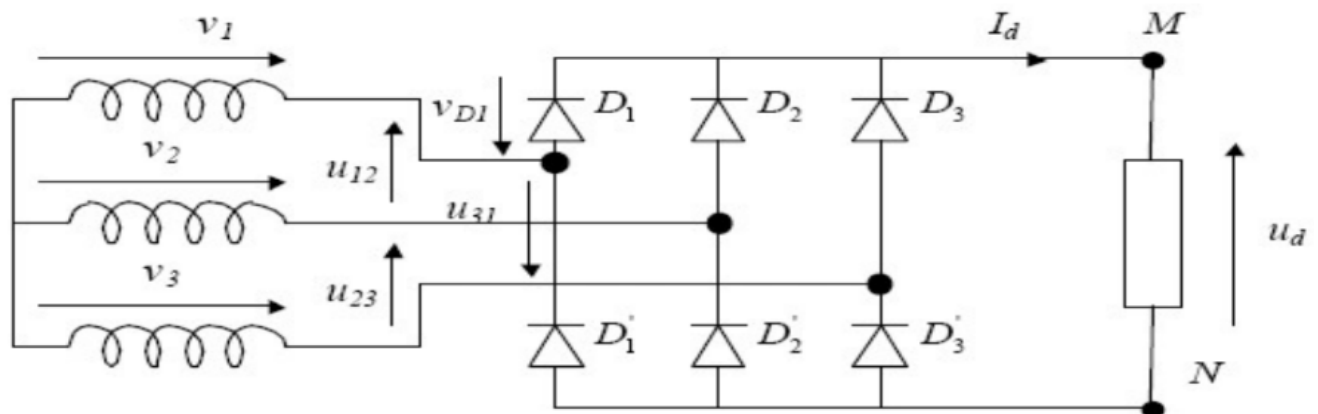
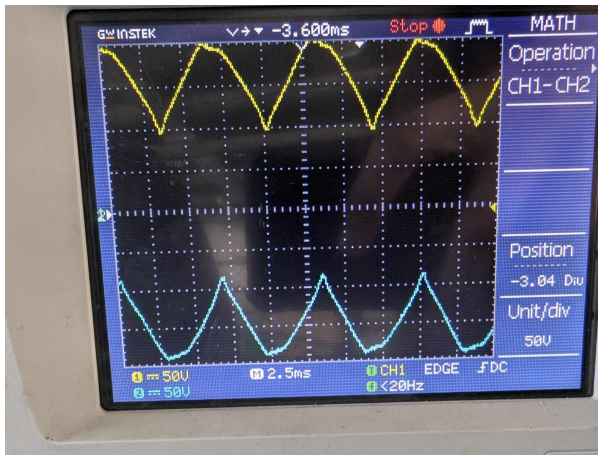
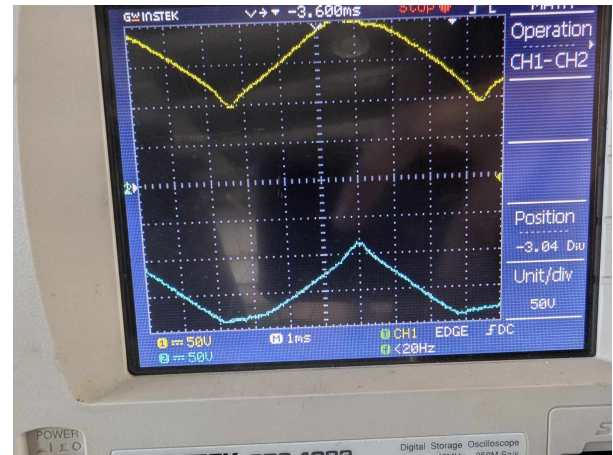


Figure 10: Double Alternance

5.2.2 Visualisation des tensions du chaque pont :



(a) Normale



(b) Zoomée

Figure 11: Visualisation des tensions du pont supérieur et du pont inférieur.

5.2.3 Interpretation

Après avoir visualisé la tension du pont supérieur et du pont inférieur (voir Figure 11), on a remarqué :

- Il y a un empiètement dans chaque pont.
- Cet empiètement contribue à la chute de tension totale ($2 \times \Delta U_{d_{simplevoie}}$).

6 Partie théorique :

6.1 Simple Alternance :

6.1.1 Montage :

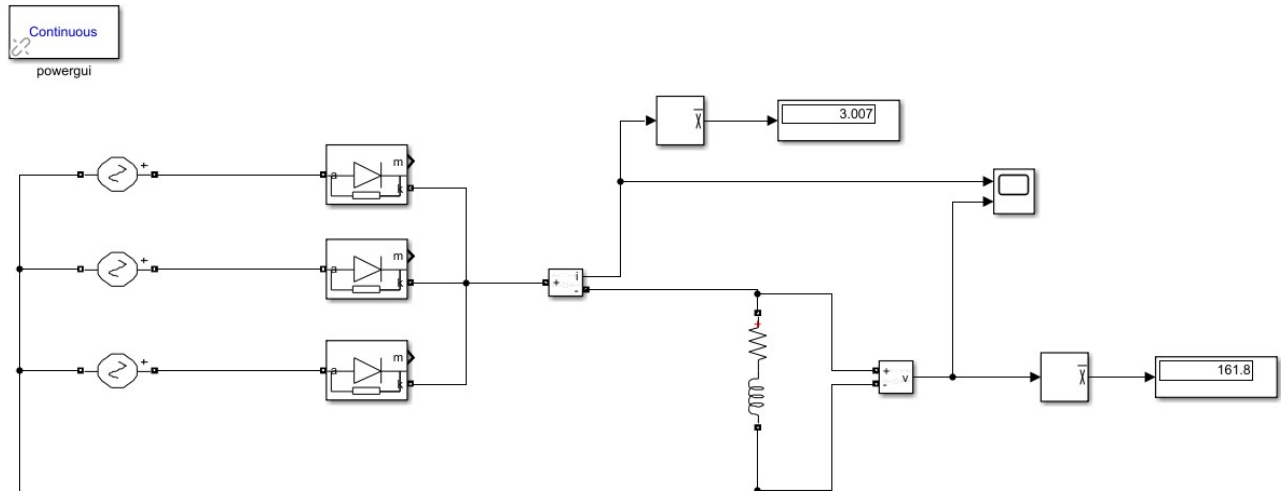


Figure 12: Montage simple voie sans l'effet de l'inductance de fuite

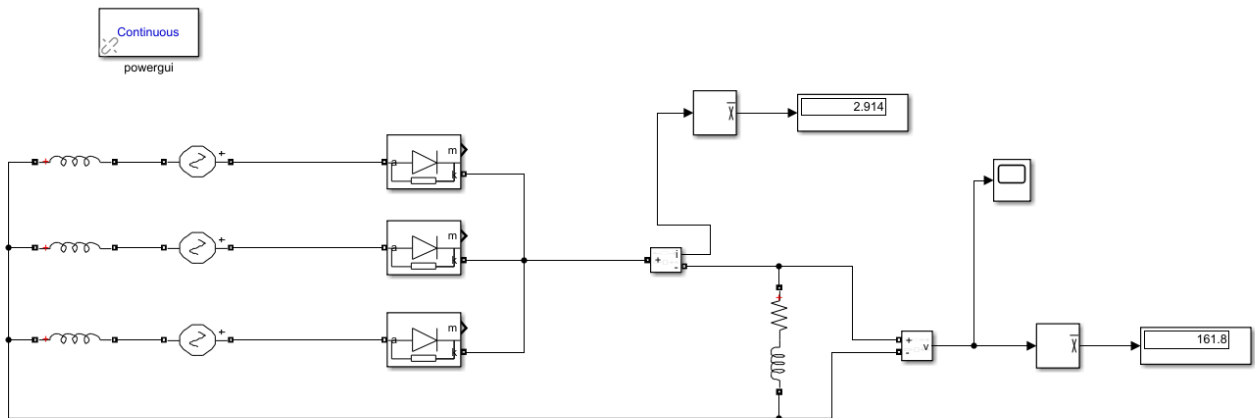


Figure 13: Montage simple voie avec l'effet de l'inductance de fuite

6.1.2 Formes de la tension redressée et le courant redressé :

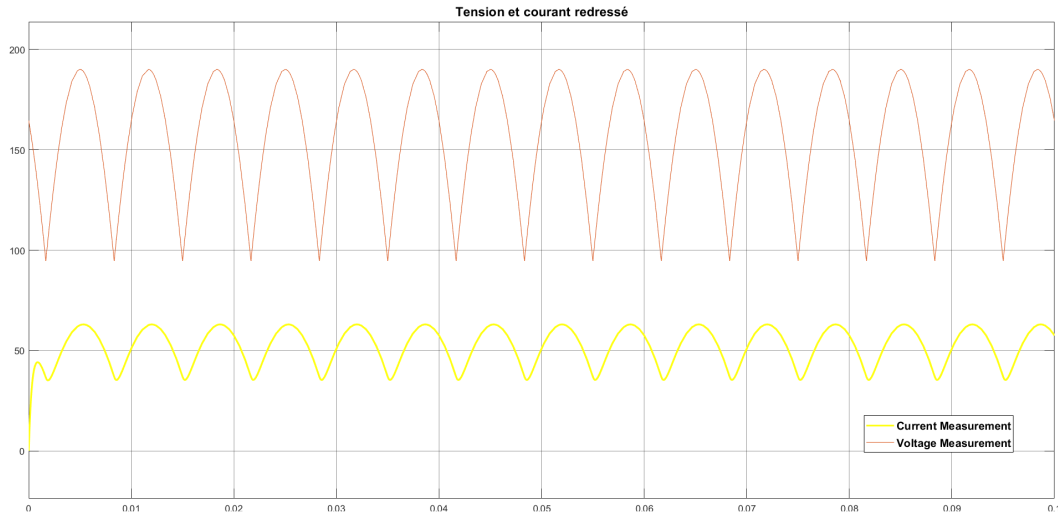


Figure 14: Tension redressée et courant redressé sans l'effet de l'inductance de fuite

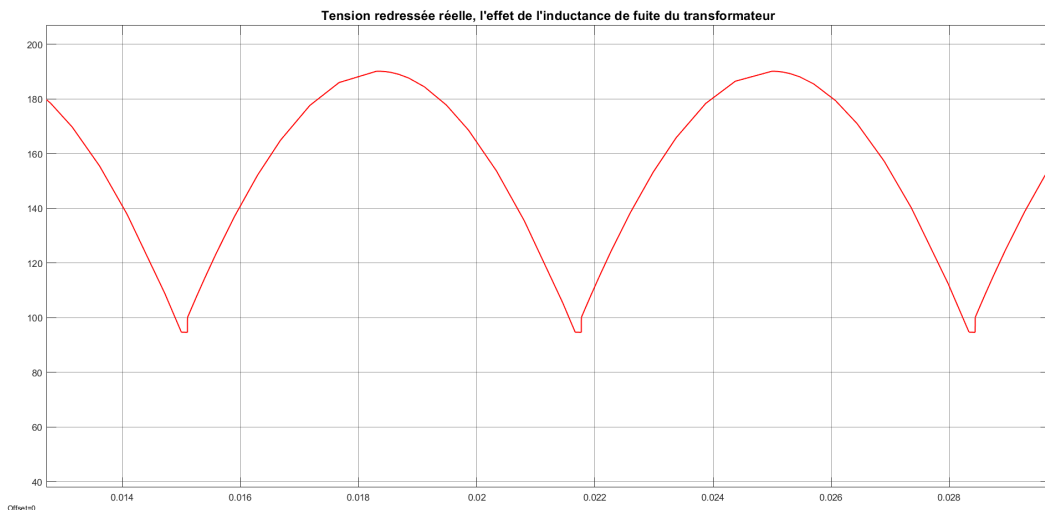


Figure 15: Tension redressée avec l'effet de l'inductance de fuite

Commentaire :

On constate que l'inductance de fuite du transformateur provoque des changements dans la forme de la tension redressée au moment de la commutation entre les diodes car deux diodes conduisent au même temps pour une très petite durée, cette déformation provoque une perte d'énergie, donc une valeur moyenne inférieure de la tension redressée .

6.1.3 Formes du courant redressé pour différentes valeurs de l'inductance:

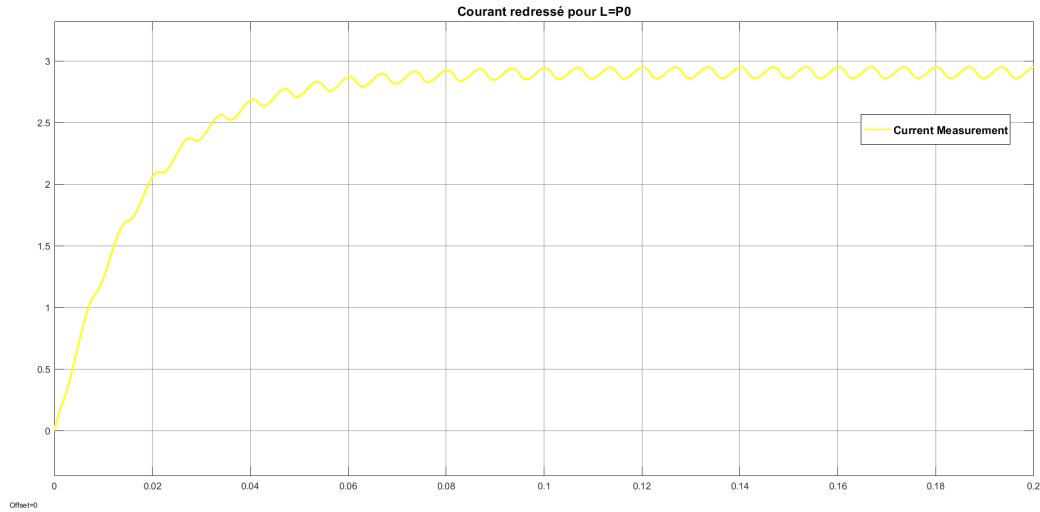


Figure 16: forme du courant redressé pour $L=P_0$

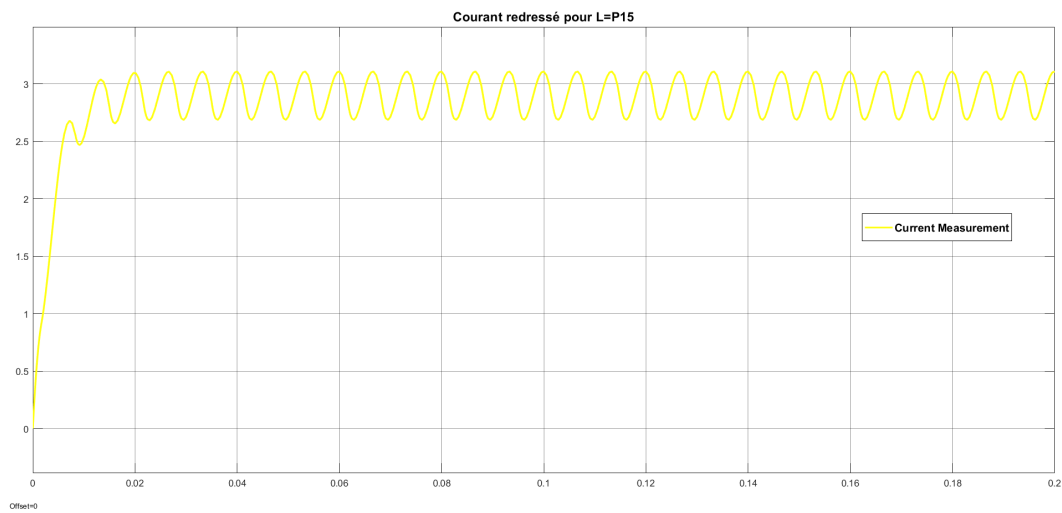


Figure 17: forme du courant redressé pour $L=P_{15}$

Commentaire :

On constate que plus la valeur d'inductance est grande, plus l'ondulation du courant redressé diminue .

6.1.4 Tension inverse :

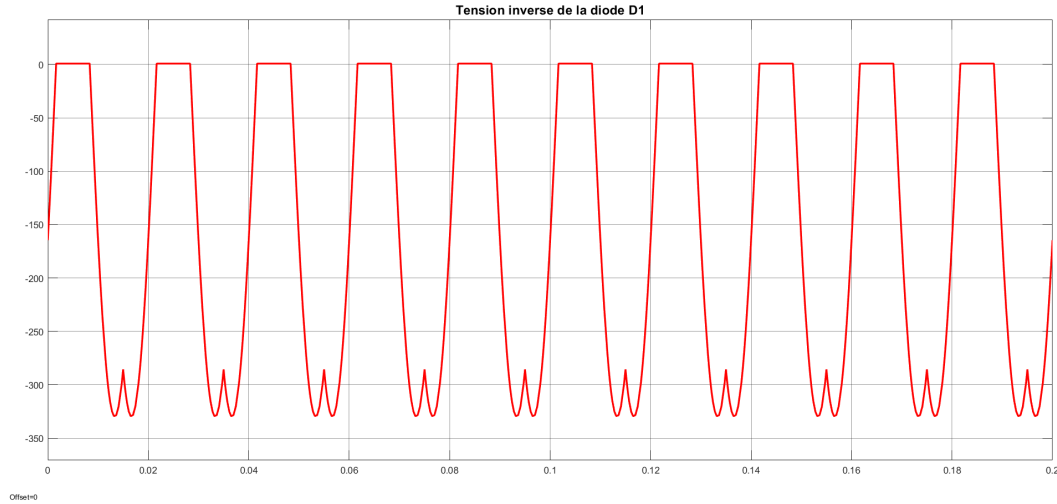


Figure 18: Tension inverse de D_1

6.1.5 Comparaison entre la pratique et la théorie :

L'angle de l'empiètement anodique en fonction du courant :

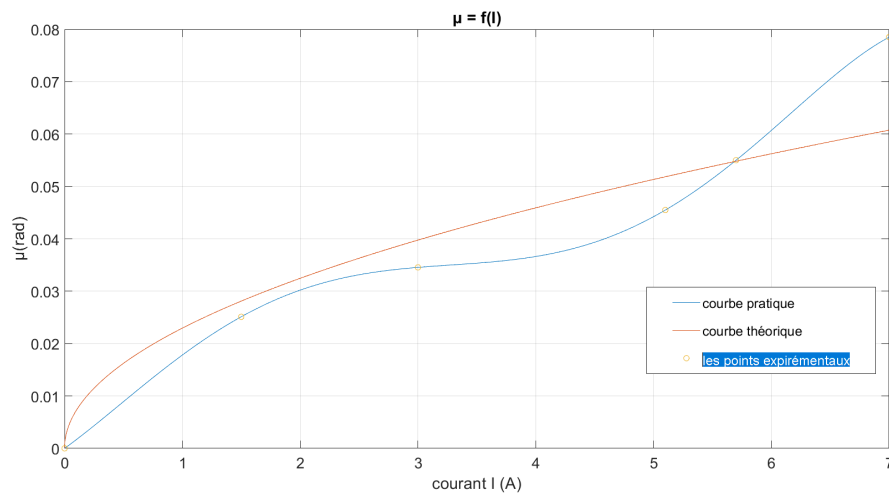


Figure 19: l'empiètement anodique en fonction du courant

La valeur moyenne de la tension redressée en fonction du courant :

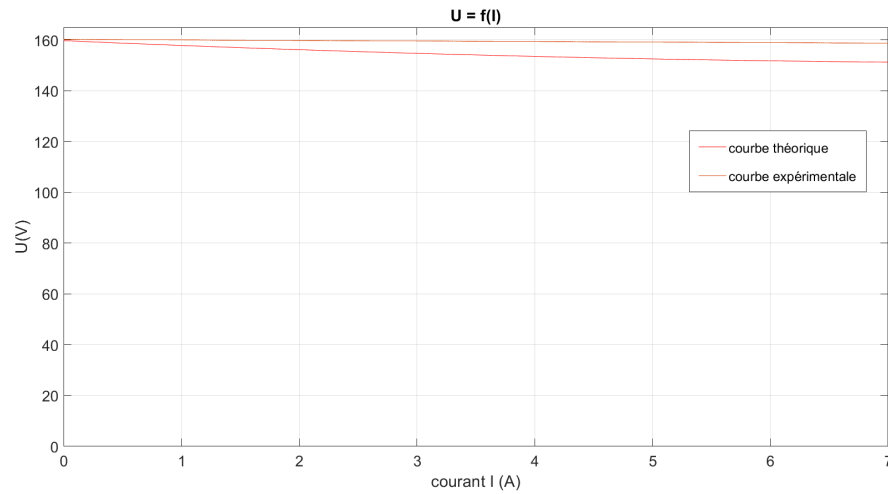


Figure 20: La valeur moyenne de la tension redressée en fonction du courant

Commentaire :

On constate que les valeurs expérimentales sont proches de la théorie, avec un petit écart dû aux erreurs lors de la lecture des mesures ainsi qu'aux consommations des appareils de mesure.

6.2 Double Alternance :

6.2.1 Montage :

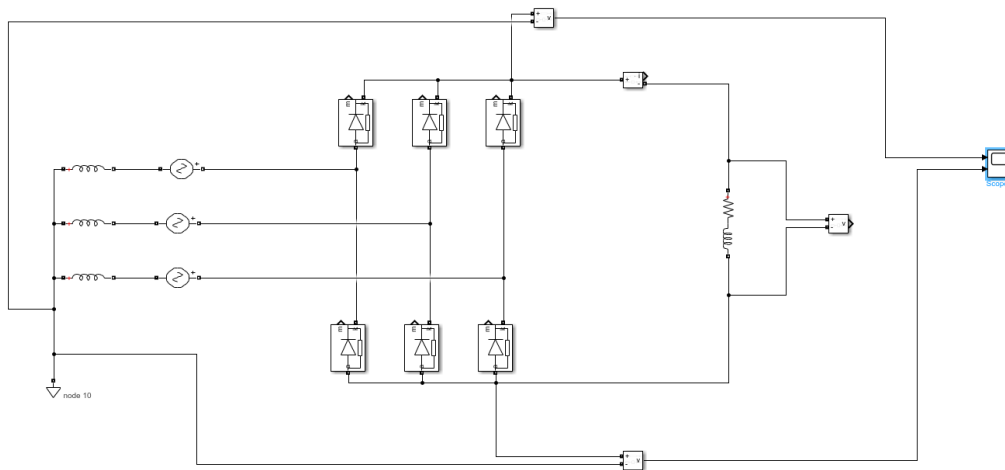


Figure 21: Montage double alternance

6.2.2 Tension redressée:

Les tension redressée partielles U_{dn} et U_{dm}

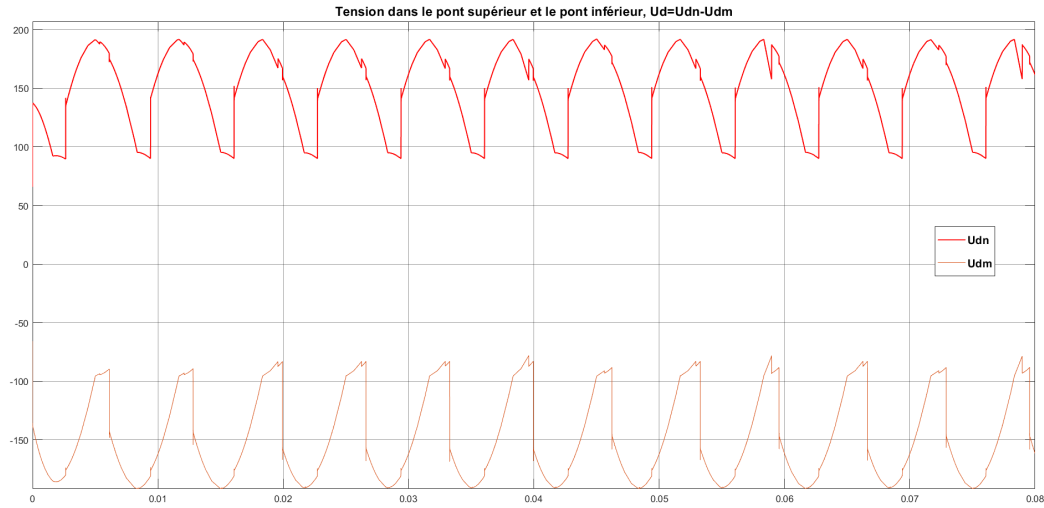


Figure 22: Tension du pont supérieur et du pont inférieur

La tension redressée totale $U_d = U_{dn} - U_{dm}$

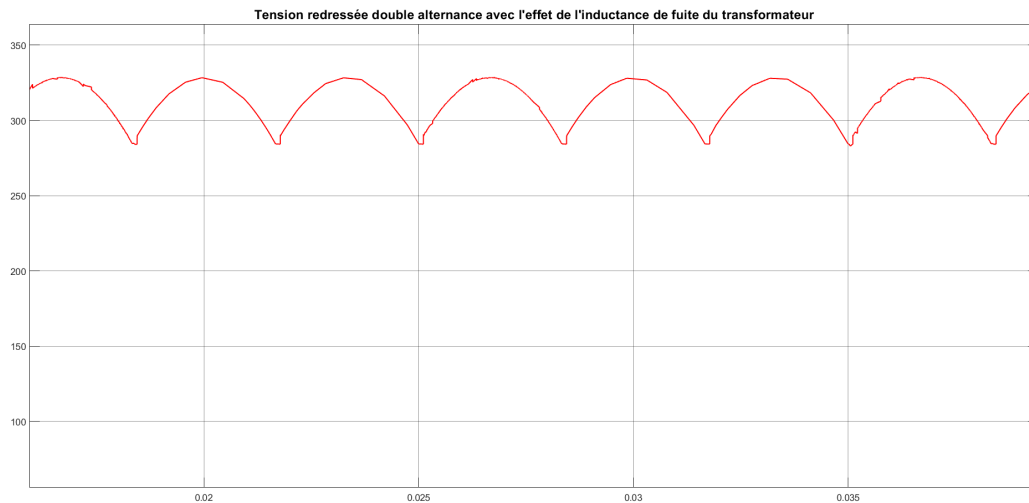


Figure 23: Tension redressée

Commentaire :

Le phénomène de l'empiètement anodique est présent dans la tension redressée du pont supérieur ainsi que de l'inférieur, donc les pertes sont plus importantes que dans la simple alternance.

7 Conclusion Générale :

Le redressement triphasé, lorsqu'il utilise un pont de Graetz, présente une **meilleure efficacité** grâce à un facteur d'utilisation optimal de la tension d'entrée. Toutefois, cette méthode nécessite un nombre important de composants, et la défaillance d'un seul composant peut entraîner une chute brutale de la tension de sortie, ce qui constitue une faiblesse importante.

- **Impact de l'inductance :**

- La variation de l'inductance **n'influence pas les valeurs moyennes** de la tension et du courant, qui dépendent principalement de la charge résistive.
- Cependant, l'inductance joue un **rôle essentiel dans le lissage du courant redressé**, réduisant les ondulations autour de la valeur moyenne, ce qui améliore la qualité du signal.

- **Redressement triphasé simple voie :**

- Une légère **chute de tension** se produit en raison de l'empiétement anodique lors des commutations entre deux diodes.
- Cette chute est **linéairement liée au courant de sortie** et proportionnelle à l'intensité du courant redressé ainsi qu'à l'inductance de l'alimentation.

- **Redressement triphasé double voie :**

- La configuration double voie **double la chute de tension** observée dans la configuration simple voie, car chaque pont (supérieur et inférieur) engendre deux empiétements anodiques.
- Cela augmente les pertes proportionnelles au courant redressé.

En conclusion, le choix entre ces configurations dépend des **exigences en termes de rendement, de stabilité du courant et de complexité du circuit**. La double voie, bien qu'offrant des performances améliorées en termes de puissance, impose des pertes plus importantes à cause de la chute de tension accrue.