

NOM : .....  
Prénom : .....  
N° étudiant : .....

**Ecrit du mercredi 13 janvier 2021**

Durée : 1h30 –

Sans document, avec calculatrice de type collègue

L'épreuve comporte trois exercices indépendants.  
Certaines réponses sont à faire directement sur le sujet.  
Sujet à rendre obligatoirement avec la copie.

### EXERCICE 1 : REGLAGE DE TENSION SUR UNE LIGNE

Une ligne de transport monophasée est caractérisée par son impédance  $jX_l$ . Elle est alimentée par une source  $\underline{V}_r$  et dessert une charge d'impédance complexe  $\underline{Z} = R + jX$ , sous la tension  $\underline{V}_c$  (Figure 1). Le courant débité par la ligne est alors  $\underline{I}$ . On note  $V_c$  et  $V_r$  les modules respectifs de  $\underline{V}_r$  et  $\underline{V}_c$ .

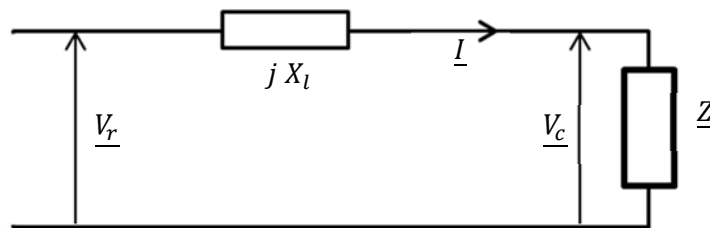


Figure 1 : Schéma de principe d'une ligne de distribution

Q1. 1 Déterminer  $\underline{V}_c$  et  $\underline{I}$  en fonction des données du problème.

Q1. 2 Déterminer la puissance active  $P$  et la puissance réactive  $Q$  consommées par la charge, ainsi que le facteur de puissance de la charge, noté  $\cos \varphi$ .

Q1. 3 Représenter l'allure des courbes tension  $V_c$ -puissance  $P$  pour  $\cos \varphi = 1$ ,  $\cos \varphi = 0,9$  et  $\cos \varphi = 0,8$ . Aucun calcul n'est demandé, il s'agit simplement de restituer vos connaissances.

Q1. 4 On donne les valeurs numériques suivantes :  $V_r = 1000$  [V],  $X_l = 2$  [ $\Omega$ ].

On considère une première charge  $\underline{Z}_1$ , telle que  $Z_1 = |\underline{Z}_1| = 20$  [ $\Omega$ ] et  $\cos \varphi_1 = 0,8$ . Calculer les valeurs numériques de  $V_c$ ,  $P$  et  $Q$ . Ces grandeurs seront notées  $V_{c1}$ ,  $P_1$  et  $Q_1$ . La valeur de  $V_{c1}$  est-elle acceptable ?

Q1. 5 La Figure 2 représente un agrandissement des courbes tension  $V_c$ -puissance  $P$  pour différentes valeurs de facteur de puissance  $\cos \varphi$ . Placer le point de la Q1. 4.

Q1. 6 On considère maintenant une autre charge  $\underline{Z}_2$ , telle que  $P_2 = 40$  kW et  $Q_2 = 30$  kVAR. Placer ce point sur la Figure 2 et déterminer  $V_{c2}$ . La valeur de  $V_{c2}$  est-elle acceptable ?

Q1. 7 Toujours dans le cas de la charge  $\underline{Z}_2$ , on veut relever la tension  $V_{C2}$  pour obtenir  $V'_{C2} = V_{C2} + \Delta V$ . Pour cela, on place en parallèle une charge capacitive dont la puissance réactive  $Q_c$  est déterminée par l'approximation  $\Delta V \approx Q_c \cdot \frac{X_L}{V_r}$  (formule établie à partir du TD10).

- Calculer la valeur de  $Q_c$  nécessaire pour obtenir  $\Delta V = 20$  [V].
- Placer le point de fonctionnement de la charge compensée sur la Figure 2.
- Calculer le facteur de puissance de la charge compensée.

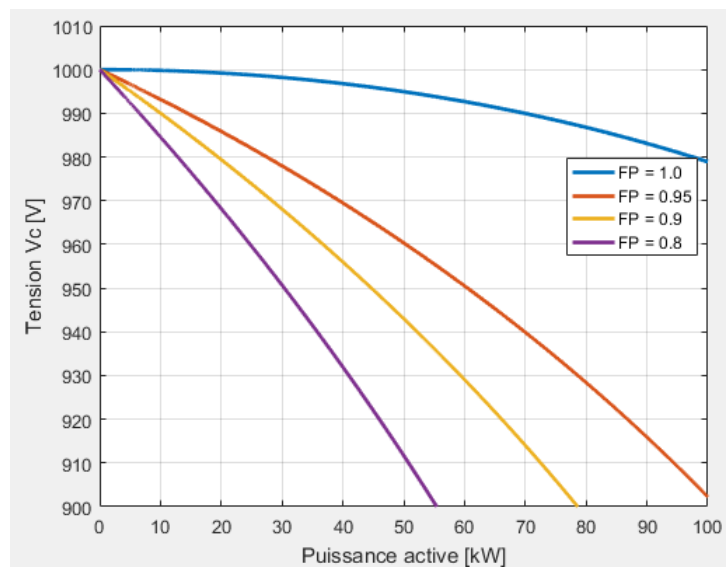


Figure 2 : Agrandissement des courbes tension  $V_c$ -puissance  $P$  pour différentes valeurs de  $\cos \varphi$

## EXERCICE 2 : ONDULEUR

Un convertisseur monophasé assure le transfert de puissance entre une source de tension continue constante  $U_0 > 0$  et une charge passive constituée d'une résistance  $R$  en série avec une inductance  $L$ . La Figure 3 représente les chronogrammes de la tension  $v_s(t)$  et du courant  $i_s(t)$  en sortie du convertisseur.

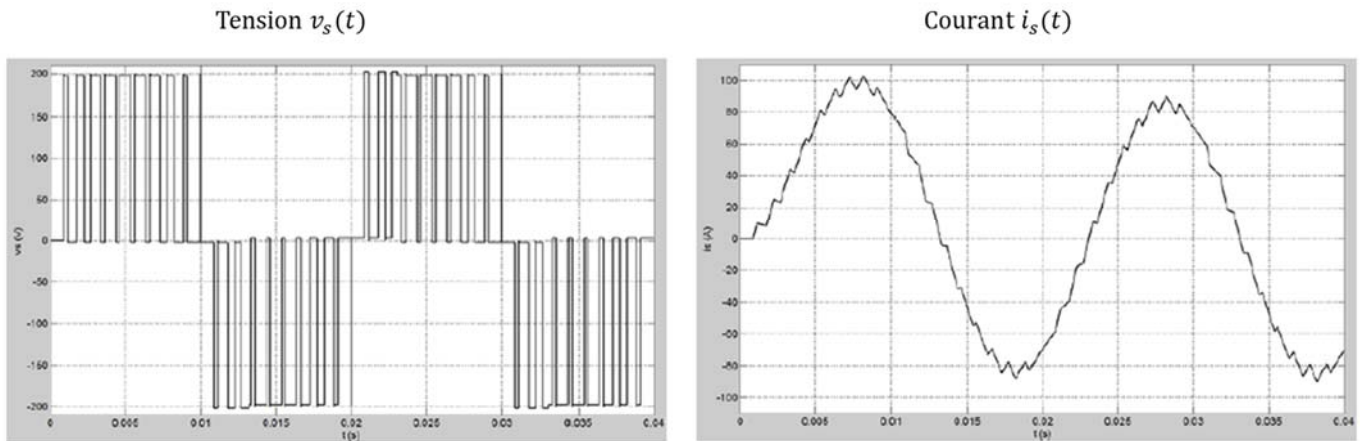


Figure 3 : Chronogrammes de la tension  $v_s(t)$  et du courant  $i_s(t)$  en sortie du convertisseur

Q2. 1 Faire le schéma du dispositif complet réunissant la source, la charge et le convertisseur à deux cellules de commutation. Faire apparaître clairement toutes les grandeurs électriques pertinentes du montage (tensions et courants).

Q2. 2 Dédire de la lecture des chronogrammes, en justifiant, la nature du convertisseur, la valeur de  $U_0$  et la fréquence des grandeurs de sortie.

Q2. 3 On propose de réaliser chaque interrupteur en prenant un transistor et une diode en anti-parallèle. Redessiner la structure détaillée du convertisseur faisant apparaître les transistors et les diodes. Penser à bien numéroter les différents interrupteurs et composants.

Q2. 4 On considère le système aux instants  $t_1$  à  $t_6$  définis sur la Figure 4. Pour chacun de ces instants : relever la valeur de la tension  $v_s$  et le signe du courant  $i_s$ , puis indiquer quels sont des composants passants. Utiliser les mêmes notations que sur le schéma de la question Q2. 3.

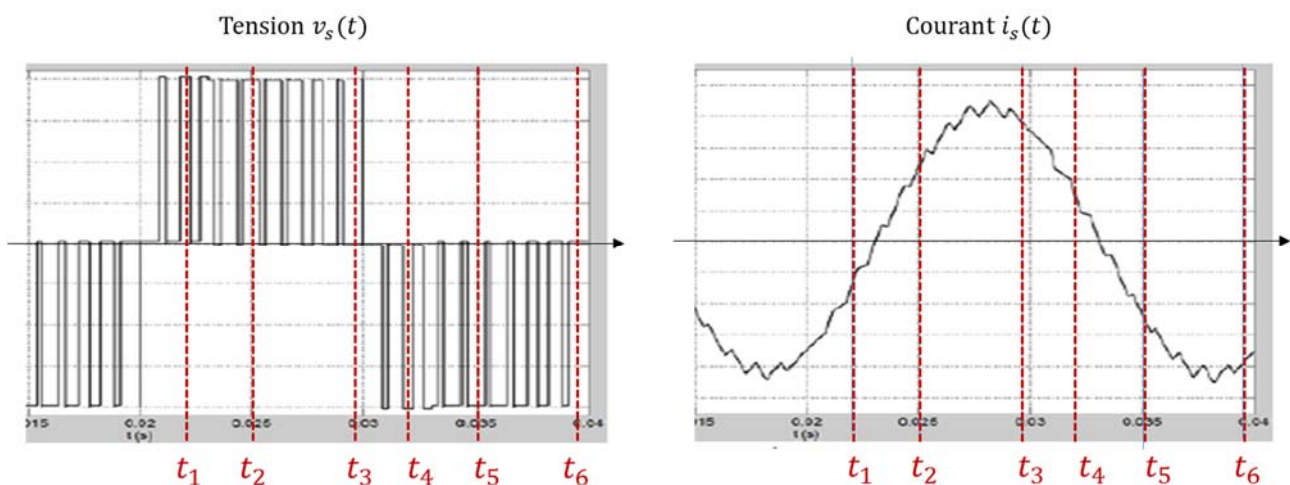


Figure 4 : Définition des instants  $t_1$  à  $t_6$

### EXERCICE 3 : REDRESSEUR TRIPHASÉ NON COMMANDE

La Figure 5 représente le schéma de principe d'un redresseur triphasé non commandé, alimenté par les tensions alternatives de pulsation  $\omega$  :

$$\begin{cases} v_1(\theta) = V_{max} \sin(\theta) \\ v_2(\theta) = V_{max} \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ v_3(\theta) = V_{max} \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \end{cases} \quad \text{avec } \theta = \omega t$$

Ce convertisseur alimente une charge fortement inductive qui se comporte comme une source de courant  $I_s$ .

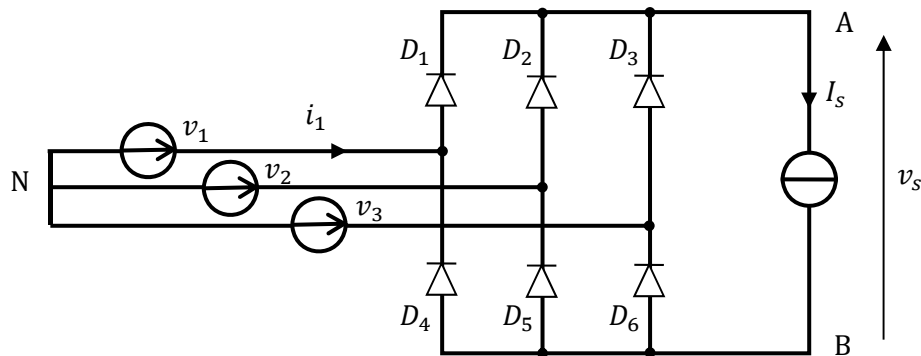


Figure 5 : Redresseur triphasé commandé

---

Q3. 1 A quelle(s) condition(s) sur  $v_1$ ,  $v_2$  et  $v_3$  chacune des diodes  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  est-elle passante ?

---

Q3. 2 A quelle(s) condition(s) sur  $v_1$ ,  $v_2$  et  $v_3$  chacune des diodes  $D_4$ ,  $D_5$  et  $D_6$  est-elle passante ?

---

Q3. 3 Tracer le chronogramme de  $v_A$  et  $v_B$ , les potentiels des points A et B par rapport au potentiel du neutre N (réponse sur la Figure 6).

---

Q3. 4 On se place sur l'intervalle  $\left[-\frac{\pi}{6}, +\frac{\pi}{6}\right]$ .

- Donner les expressions de  $v_A$  et  $v_B$  sur cet intervalle.
- En déduire l'expression de  $v_s$ .
- Tracer  $v_s(\theta)$  (réponse sur la Figure 6).

Rappel :  $\sin(p) - \sin(q) = 2 \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \sin\left(\frac{p-q}{2}\right)$

---

Q3. 5 On se place sur l'intervalle  $\left[+\frac{\pi}{6}, +\frac{\pi}{2}\right]$ .

- Donner les expressions de  $v_A$  et  $v_B$  sur cet intervalle.
  - En déduire l'expression de  $v_s$ .
  - Tracer  $v_s(\theta)$  (réponse sur la Figure 6).
- 

Q3. 6 On se place sur l'intervalle  $\left[+\frac{\pi}{2}, +2\pi\right]$ . Compléter le chronogramme de  $v_s$ . Quelle est la période de  $v_s(\theta)$  ?

---

Q3.7 Quels sont les intervalles de conduction des différentes diodes ? Pour gagner du temps, il est possible de répondre directement sur la Figure 6 ou la Figure 7.

Q3.8 Tracer le chronogramme de  $i_1$ , le courant dans la phase 1 (réponse sur la Figure 7).

Q3.9 Calculer  $\langle v_s \rangle$ , la valeur moyenne de  $v_s$ , puis calculer  $\tau_{v_s}$ , le taux d'ondulation défini par  $\tau_{v_s} = \frac{v_{s\max} - v_{s\min}}{\langle v_s \rangle}$ , où  $v_{s\min}$  et  $v_{s\max}$  sont respectivement la valeur minimale et la valeur maximale de  $v_s$ .

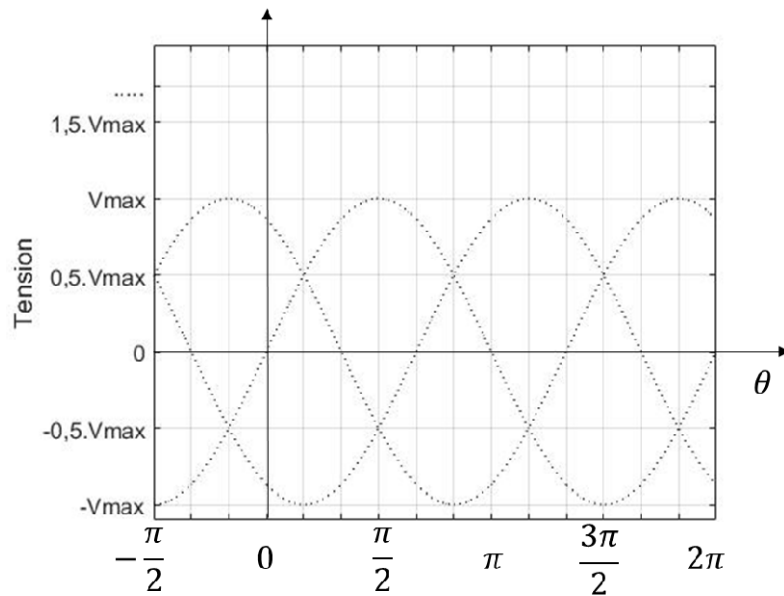


Figure 6 : Chronogramme de  $v_s$

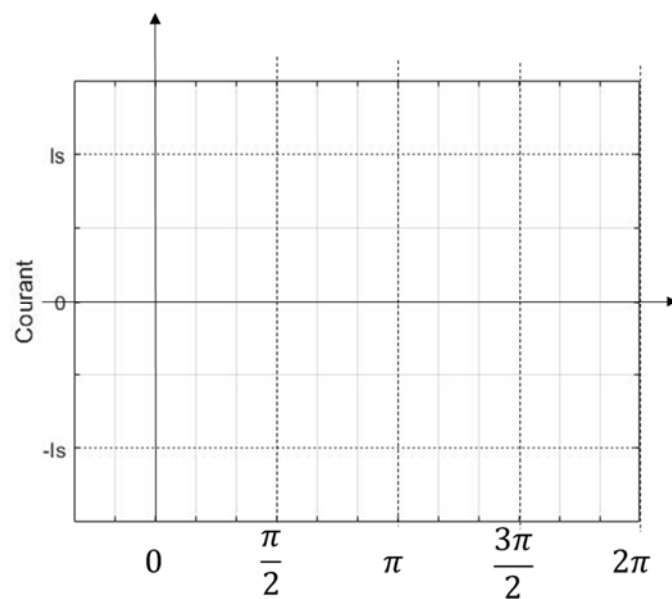


Figure 7 : Chronogramme de  $i_1$