

# Evaluation sur la pollution harmonique

## Terminale BTS Electrotechnique

Nom :

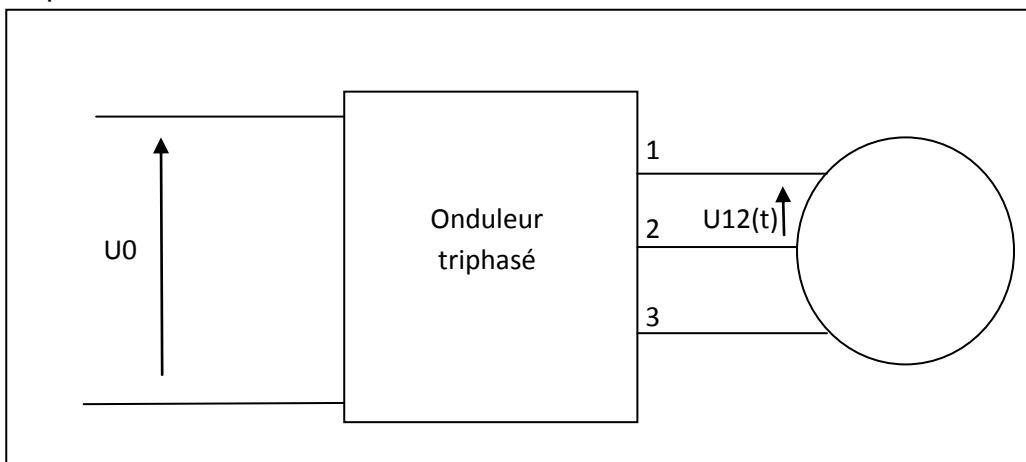
Prénom :

note : .../20

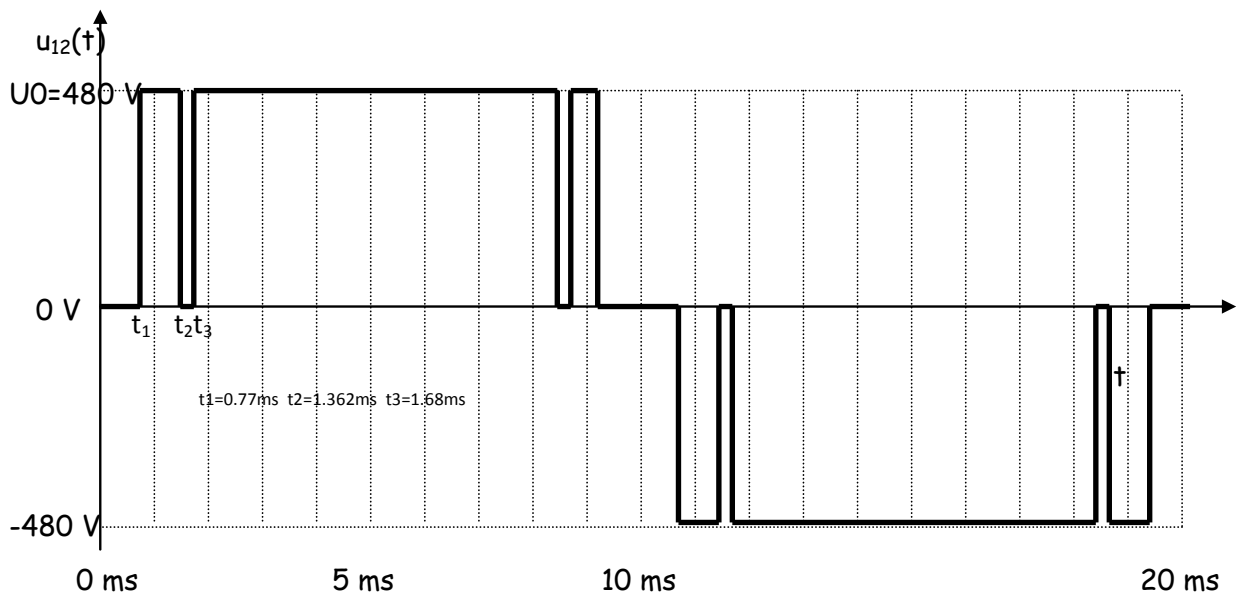
### Problème 1 :

#### Etude en configuration onduleur à modulation de largeur d'impulsion

On considère maintenant l'ensemble du convertisseur (figure.1). Les trois sorties 1,2,3 alimentent un moteur asynchrone. La tension  $U_0$  est maintenue égale à 480 V, la commande à modulation de largeur d'impulsions des interrupteurs est périodique de période  $T_0$ .



**C.1.** On donne le graphe de la tension entre phases  $u_{12}(t)$ , les deux autres tensions  $u_{23}(t)$  et  $u_{31}(t)$  sont de forme identique, déphasées chacune de  $T_0/3$ .



**Figure 1**

La pulsation du fondamental de  $u_{12}(t)$  étant notée  $\omega$ , on donne:

$\omega t_1 = \alpha = 0,245 \text{ rad } (14,0^\circ)$  ;  $\omega t_2 = \beta = 0,428 \text{ rad } (24,5^\circ)$  ;  $(\omega t_3 = \gamma = 0,529 \text{ rad } (30,3^\circ))$ .

Dans ces conditions, la décomposition en série de  $u_{12}(\theta)$ , avec  $\theta = \omega t$ , qui ne comporte pas d'harmoniques pairs ( $u_{12}(\theta)$  est une fonction alternative), est, pour  $n$  impair :

$$u_{12}(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin n\theta = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4U_0}{n\pi} (\cos n\alpha - \cos n\beta + \cos n\gamma) \sin(n\theta)$$

**1.1** On obtient les expressions de  $u_{23}(\theta)$  et de  $u_{31}(\theta)$  à partir de  $u_{12}(\theta)$  en y remplaçant  $\theta$  respectivement par  $(\theta - 2\pi/3)$  et  $(\theta + 2\pi/3)$ . En déduire que les harmoniques de rang 3 de  $u_{23}(\theta)$  et de  $u_{31}(\theta)$  sont en phase avec l'harmonique 3 de  $u_{12}(\theta)$

Cette propriété, qui est vérifiée par tous les harmoniques dont les rangs sont des multiples de 3, permet d'éliminer l'influence de ces harmoniques sur le moteur asynchrone.

**1.2** Les valeurs de  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  données plus haut permettent d'éliminer trois harmoniques qui sont a priori les plus gênants. Vérifier que l'harmonique 5 et 7 fait bien partie des harmoniques éliminés par le choix de ces angles.

**1.3** Déterminer la valeur efficace  $U_{12}$  de  $u_{12}(\theta)$  pour ces mêmes valeurs de  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  (on pourra utiliser un calcul d'aires).

**1.4** Déterminer la valeur efficace  $U_F$  du fondamental de  $u_{12}(\theta)$

**1.5** Le taux de distorsion harmonique de  $u_{12}(\theta)$  est défini par:  $D = \frac{\sqrt{U_{12}^2 - U_F^2}}{U_F}$ .

Calculer  $D$ .

## **Problème 2:**

### **Conséquences de l'utilisation d'un variateur de vitesse :**

L'utilisation du convertisseur alimentant le moteur asynchrone peut avoir des conséquences néfastes sur le réseau d'alimentation électrique, notamment en termes de pollution harmonique.

On s'intéresse donc maintenant aux grandeurs d'entrée du variateur afin d'évaluer le degré de pollution occasionné.

**Mise en garde :** Le variateur de vitesse est alimenté par le réseau triphasé 230V/400V, 50 Hz. Par contre, l'étude se base sur des relevés effectués à l'aide d'un **analyseur de réseau monophasé**, recevant la tension simple  $v_a(t)$  du réseau et le courant de ligne  $i_a(t)$  absorbé par le convertisseur (voir les écrans en annexe).

Sur cet analyseur, l'indication de puissance en kVAR contient les deux puissances Q et D (écran 2).

On rappelle l'expression du taux de distorsion harmonique d'un courant  $i$  :

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}{I_1}$$

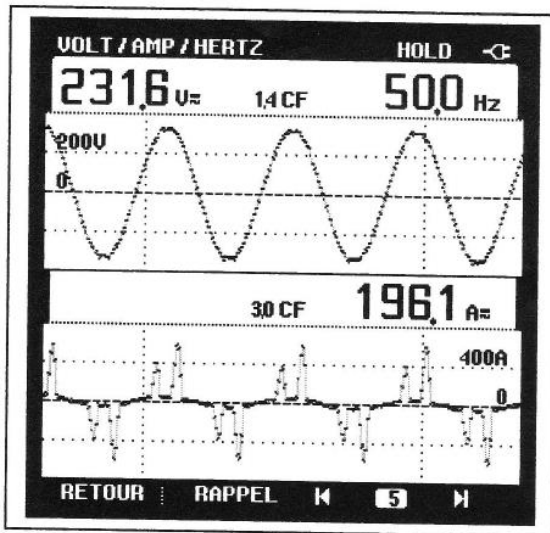
### **Analyse des courants absorbés par le variateur**

1. À l'aide des indications fournies par l'analyseur (écran 1), donner la valeur efficace  $I$  du courant de ligne  $i_a(t)$  et évaluer sa valeur maximale  $I_{\max}$ .
2. Relever également la valeur efficace  $I_1$  de son fondamental (écran 3).
3. Donner les fréquences des quatre harmoniques de courant les plus polluants puis estimer leur valeur efficace grâce au spectre de  $i_a(t)$  (écran 3).
4. Calculer le taux de distorsion harmonique TDHi que représentent ces quatre rangs. Comparer ce résultat à celui annoncé par l'appareil (écran 3).
5. Citer une solution permettant de réduire les harmoniques de courant prélevés au réseau.
6. On place trois dipôle LC en série, en parallèle sur le réseau  $C = 730 \mu F$  et  $L = 0,55 mH$   
( Couplage étoile)
  - a. Quelle est son impédance à la fréquence du fondamental
  - b. Quel est son rôle est la valeur de la puissance produite à cette fréquence
  - c. Quelle est sa fréquence de résonance (fréquence pour laquelle l'impédance est minimale)
  - d. Conclure sur les rôles de ce filtre

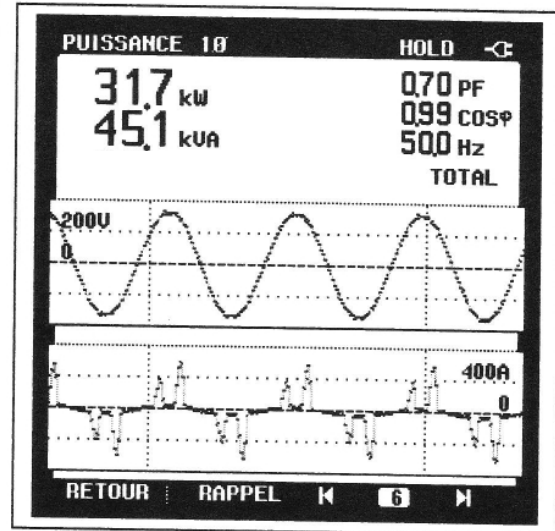
### Conséquences sur les puissances

7. Relever la valeur du facteur de déplacement  $\cos\phi_1$ , puis esquisser l'onde du fondamental de  $i_a(t)$  sur le document réponse 1.  
Comme le montre l'écran 1 de l'analyseur, les tensions d'alimentation du variateur sont purement sinusoïdales.
8. Vérifier par calcul les valeurs de P, S annoncées par l'analyseur (écran 2).
9. En déduire la puissance déformante D.
10. Vérifier le facteur de puissance  $f_p$  affiché par l'appareil et commenter sa valeur.

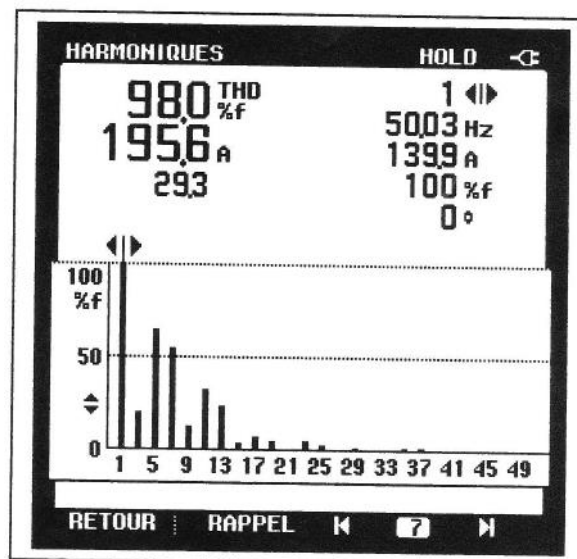
### Annexe



Écran 1



Écran 2



Écran 3

Document réponse 1 :

