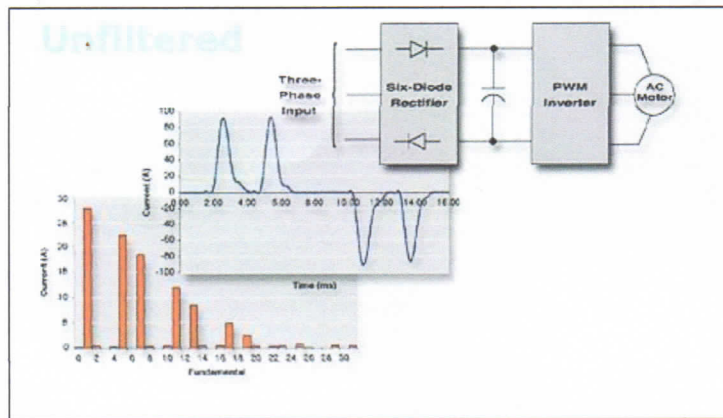


## TD Pollution harmonique:

Etude de la pollution harmonique engendrée par l'utilisation d'un variateur de vitesse et limitation de celle ci:



Le moteur utilisé dans notre application possède les caractéristiques suivantes:


$$P_u=1500W \quad U=400V \text{ en Etoile} \quad I_n=3.2 A \quad n = 1425 \text{ Tr.min}^{-1}$$

$$\eta=83\% \quad \cos \varphi = 0.81$$

Le moteur alimenté par le variateur de vitesse en  $U/f$  constant est en fonctionnement nominal. On mesure le courant de la phase 1 **en amont** du variateur.

On a relevé à l'aide d'une pince à effet Hall sur la phase 1 grâce à l'énergimètre Fluke 344 les écrans présents dans l'annexe 1.

### Questions:

1. En utilisant les indications de la plaque signalétique, calculer la valeur de  $P_{\text{absorbée}}$  en démarrage direct en fonctionnement nominal.
2. Calculer alors la valeur de  $Q_{\text{absorbée}}$ .
3. Calculer la valeur de  $S_{\text{absorbée}}$ .
4. Sur l'écran 1, relever la valeur efficace du courant en ligne (  ) et déterminer la valeur de la puissance apparente appelée au réseau.
5. En vous aidant des écran 2 et 3, comment peut-on interpréter cette différence importante entre le fonctionnement en démarrage direct et par le variateur de vitesse pour le même point de fonctionnement nominal.
6. En vous aidant de l'écran 2, relever la valeur du courant efficace de l'harmonique fondamental.
7. En vous aidant de l'écran 2, calculer la valeur du facteur de déplacement.
8. Calculer alors la valeur de la puissance véhiculée par l'harmonique fondamental.

9. Comparer votre résultat par rapport à la puissance nominale du moteur calculée en question 1.
10. Que peut 'on dire de l'harmonique fondamentale par rapport aux autres harmoniques de rangs supérieurs.
11. En vous aidant de l'écran 3, Calculer le taux de distorsion harmonique en courant THDI % en utilisant les harmoniques de rang 1, 5 11 et 13. Vérifier la correspondance avec la valeur du THDI relevé par l'appareil.
12. En vous aidant de la documentation de l'annexe 2, selon la norme en vigueur, comment peut' on définir la pollution harmonique engendrée par de variateur de vitesse.
13. Expliquer comment cette pollution harmonique en courant peut provoquer une distorsion en tension au niveau du jeu de barres de l'installation.

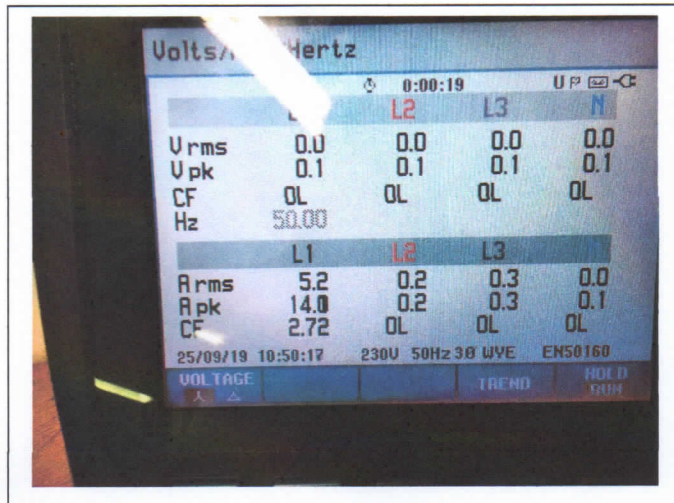
*Afin de limiter la pollution harmonique engendrée par le variateur, on décide d'installer un filtre passif.*

14. Dessiner sur le document réponse1, les trois filtres LC passifs à brancher en étoile sur le système pour éliminer du réseau l'harmonique le plus important.
15. Noter la fréquence de l'harmonique en courant le plus important grâce à l'écran 2 et 3 de l'annexe 1.
16. Montrer que  $L = \frac{1}{C \cdot 25 \cdot \omega^2}$  pour accorder le filtre sur la fréquence de l'harmonique à éliminer du réseau.
17. Montrer que le filtre LC se comporte comme un condensateur équivalent pour la fréquence  $f = 50\text{Hz}$ .

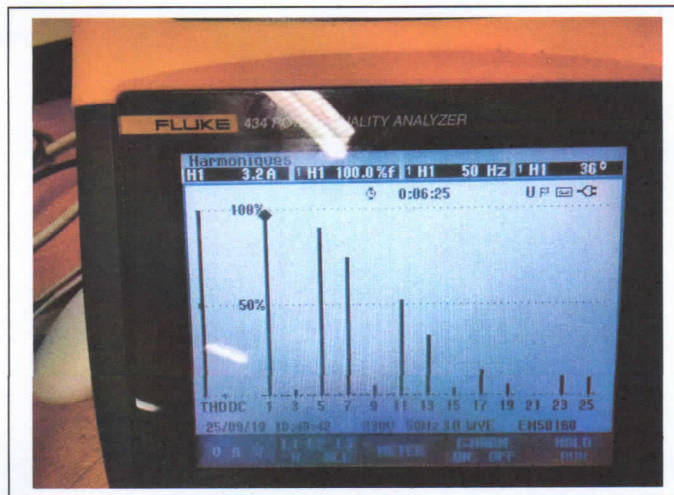
On notera que  $C_{eq} = C \frac{25}{24}$

18. Calculer la valeur de  $C_{eq}$  pour compenser totalement la puissance réactive consommée par le moteur.
19. En déduire la valeur de C
20. Calculer la valeur de L permettant de constituer le filtre passif.
21. Calculer le nouveau THDI en installant les cellules de filtrage.

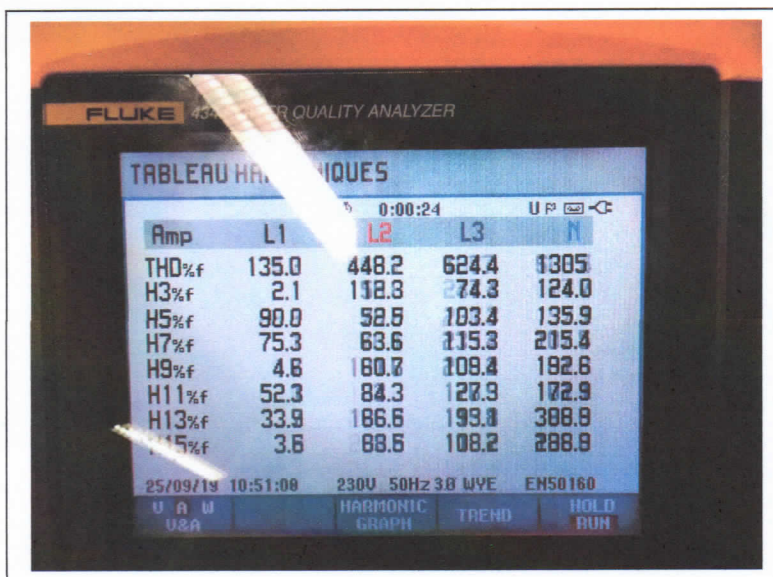
### Annexe 1:



Ecran1



Ecran2



Ecran3

## Annexe 2:

### Extrait de la norme NFC 15 100 :

Le dimensionnement des câbles en fonction du pourcentage d'harmoniques (TH%) est réalisé suivant la norme NF C 15-100 éditée par l'UTE C 15-105 (433.3 & 433.4) en tenant compte du calcul de la section du neutre, suivant le taux d'harmoniques.

<b>Taux d'harmoniques</b>	<b>Effets prévisibles</b>
THDU < 5 % et THDI < 10 %	Néant
5 % < THDU < 8 % ou 10 % < THDI < 50 %	Pollution significative, effets nuisibles possibles
THDU > 8 % et THDI > 50 %	Pollution forte, dysfonctionnement probables
Taux d'harmoniques de rang 3 en courant > 15 %	Courant non négligeable dans le neutre

# Document réponse 1:



Attention représenter les deux  
cellules supplémentaires

# TD Pollution harmonique

## Questions:

$$1) \boxed{P_{abs}} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{1500}{0,83} = \boxed{1807,2 \text{ W}}$$

$$2) \boxed{Q_{abs}} = P_{abs} \cdot \tan \varphi \quad \begin{array}{l} \cos \varphi = 0,81 \\ \tan \varphi = 0,723 \end{array}$$
$$= 1807,2 \times 0,723$$
$$= \boxed{1308,4 \text{ VAR}}$$

$$3) \boxed{S_{abs}} = \sqrt{P_{abs}^2 + Q_{abs}^2} = \boxed{231,1 \text{ VA}}$$

$$4) I_{eff} = 5,2 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I_{eff} = \sqrt{3} \times 400 \times 5,2$$

$$\boxed{S = 3602,6 \text{ VA}}$$

5) On remarque que le courant en ligne est fortement chargé en harmonique donc le nombre de VA est plus important avec le variateur qu'en démarrage direct pour un m<sup>ême</sup> point de fonctionnement.

$$6/. I_{\text{fond}} = 3,2 \text{ A}$$

$$7/. \cos \varphi_{\text{fond}} = \cos 36^\circ = 0,809$$

$$8/. P = \sqrt{3} \times U \times I_{\text{fond}} \times \cos \varphi_{\text{fond}}$$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 3,2 \times 0,809$$

$$P = 1793,57 \text{ W.}$$

$$9/. \text{ On a calculer } P_{\text{nominal ab}} = 1807 \text{ W.}$$

On retrouve bien la puissance absorbée par le système. dans la puissance transportée par l'harmonique fondamental.

10/. l'harmonique fondamental transporte la puissance active et réactive consommée par le système.

$$11/. \text{THD}_I = \frac{\sqrt{H_{3\%}^2 + H_5^2 + H_7^2 + H_9^2 + H_{11}^2 + H_{13}^2 + H_{15}^2}}{H_{1\%}} = 10\%$$

$$\text{THD}_I = \sqrt{2,1^2 + 9,0^2 + 75,3^2 + 4,6^2 + 52,3^2 + 33,9^2 + 3,6^2} = 128,65\%$$

$\text{THD}_I \text{ mesurée} = 135\%$  ce qui correspond.

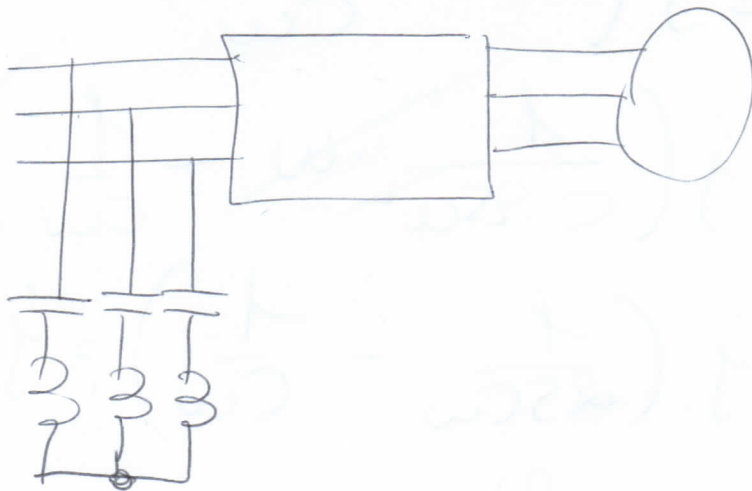
12/ - Selon l'arrêté.

$THDI > 50\%$  . la pollution est donc forte .

Si  $THD_0 > 8\%$   $\Rightarrow$  faire un dépollution harmonique .

13/ . en créant une chute de tension en amont du jeu de barre , la tension du réseau moins la chute de tension non sinusoïdale donne une tension déformée au jeu de barres .

14/ .





15/ - l'harmonique le plus important est le rang 5. (90% du fondamental.)

16/. Pour accorder le filtre, il faut que  $\|Z_{LC}\| = 0 \Omega$  à  $f = 5 \times 50 = 250 \text{ Hz}$ .

$$\text{Donc } L \cdot 5 \cdot \omega - \frac{1}{5 \cdot C \omega} = 0$$

$$L \cdot 5 \omega = \frac{1}{5 \cdot C \omega}$$

$$\Rightarrow L = \frac{1}{C \cdot 25 \cdot \omega^2}$$

17/. à  $5 \text{ Hz}$ .

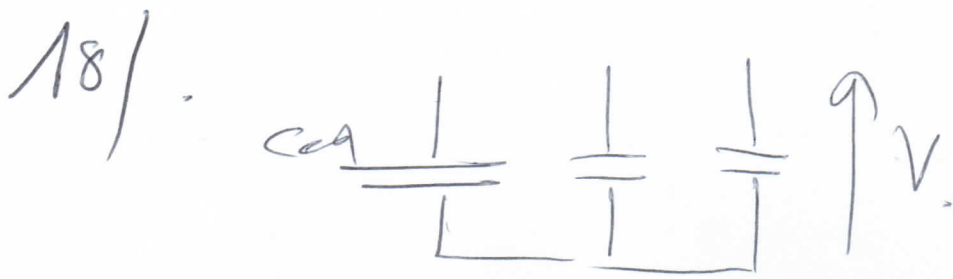
$$\underline{Z_{LC}} = j \left( L \omega - \frac{1}{C \omega} \right)$$

$$= j \left( \frac{1}{C \cdot 25 \omega} \cdot \omega - \frac{1}{C \omega} \right)$$

$$= j \left( \frac{1}{25 C \omega} - \frac{1}{C \omega} \right) = j \left( \frac{1 - 25}{25 C \omega} \right)$$

$$= -j \frac{24}{25 C \omega} = -j \frac{1}{C_{eq} \cdot \omega}$$

$$\text{Donc } \frac{24}{25 C} = \frac{1}{C_{eq}} \Rightarrow C_{eq} = \frac{25}{24} \cdot C$$



$$Q_{\text{cond}} = \frac{3V^2}{Z_{\text{Ceq}}} = \frac{3V^2}{\frac{1}{C_{\text{eq}} \cdot \omega}}$$

$$Q_{\text{cond}} = 3V^2 \cdot C_{\text{eq}} \cdot \omega$$

$$C_{\text{eq}} = \frac{Q_{\text{cond}}}{3V^2 \cdot \omega} = \frac{1308,4}{3 \times 230^2 \cdot 100\pi}$$

$$C_{\text{eq}} = 2,62 \cdot 10^{-5} \text{ F soit } C_{\text{eq}} = 26,2 \mu\text{F}$$

19/

$$C = \frac{24}{25} \times C_{\text{eq}} = \frac{24}{25} \times 26,2$$

$$C = 25,15 \mu\text{F}$$

20/

$$L = \frac{1}{C \cdot 25 \omega^2} = \frac{1}{25,15 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot (100\pi)^2}$$

$$L = 16,1 \text{ mH}$$

21/

$$\text{TAD}_I = \sqrt{135^2 - 90^2} = 100,62\%$$

C'est mieux mais encore trop important.  
il faudrait d'autres filtres passifs pour H7, H11 et H13