**CORRIGÉ**

## 1. Représentation des tensions produites par l'onduleur

1.1. Préciser la tension $v_A$ lorsque $K_a$ est fermé et $v_A$ lorsque $K'_a$ est fermé.
lorsque $K_a$ est fermé $\mathbf{v_A = E}$ et $v_A$ lorsque $K'_a$ est fermé $\mathbf{v_A = 0}$

1.2. Donner les relations entre $u_{AB}$, $v_A$ et $v_B$. Donner les relations entre $u_{CA}$, $v_C$ et $v_A$.
$\mathbf{u_{AB} = v_A - v_B}$ **et** $\mathbf{u_{CA} = v_C - v_A}$

1.3. Déterminer $u_{AB}$ de 0 à $t_2$, de $t_2$ à $t_3$, de $t_3$ à $t_5$ et de $t_5$ à $t_6$ en fonction de E.
de 0 à $t_2$ $u_{AB} = E - 0 = \mathbf{E}$,

de $t_2$ à $t_3$ $u_{AB} = E - E = \mathbf{0}$,

de $t_3$ à $t_5$ $u_{AB} = 0 - E = \mathbf{-E}$

et de $t_5$ à $t_6$ $u_{AB} = 0 - 0 = \mathbf{0}$

1.4. Déterminer $u_{CA}$ de 0 à $t_1$, de $t_1$ à $t_3$, de $t_3$ à $t_4$ et de $t_4$ à $t_6$ en fonction de E.
de 0 à $t_1$ $u_{CA} = E - E = \mathbf{0}$,

de $t_1$ à $t_3$ $u_{CA} = 0 - E = \mathbf{-E}$,

de $t_3$ à $t_4$ $u_{CA} = 0 - 0 = \mathbf{0}$,

et de $t_4$ à $t_6$ $u_{CA} = E - 0 = \mathbf{E}$

1.5. Déduire des deux questions précédentes les courbes $u_{AB}$ et $u_{CA}$ sur le document réponse.
voir le document réponse.

1.6. Vérifier que $v_{AN} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA})$ en utilisant les relations de la question 1.2. et celle imposée par les montages équilibrés : $v_{AN} + v_{BN} + v_{CN} = 0$.

$$\mathbf{v_{AN}} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA})$$
$$= \frac{1}{3}(v_{AN} - v_{BN} - (v_{CN} - v_{AN})) = \frac{1}{3}(v_{AN} - v_{BN} - v_{CN} + v_{AN})$$

comme $v_{AN} + v_{BN} + v_{CN} = 0 \Rightarrow v_{BN} = -v_{AN} - v_{CN}$ remplaçons $v_{BN}$

$$v_{AN} = \frac{1}{3}(v_{AN} - v_{BN} - v_{CN} + v_{AN})$$
$$= \frac{1}{3}(v_{AN} - (-v_{AN} - v_{CN}) - v_{CN} + v_{AN}) =$$
$$= \frac{1}{3}(v_{AN} + v_{AN} + v_{CN} - v_{CN} + v_{AN}) = \frac{1}{3}(3v_{AN}) = \mathbf{v_{AN}}$$

c.q.f.d.

1.7. Calculer $v_{AN}$ de 0 à $t_1$, de $t_1$ à $t_2$, de $t_2$ à $t_3$, de $t_3$ à $t_4$, de $t_4$ à $t_5$ et de $t_5$ à $t_6$.

de 0 à $t_1$ $v_{AN} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA}) = \frac{1}{3}(E - 0) = \mathbf{\frac{1}{3} E}$,

de $t_1$ à $t_2$ $v_{AN} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA}) = \frac{1}{3}(E - (-E)) = \mathbf{\frac{2}{3} E}$,

de $t_2$ à $t_3$ $v_{AN} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA}) = \frac{1}{3}(0 - (-E)) = \mathbf{\frac{1}{3} E}$,

de $t_3$ à $t_4$ $v_{AN} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA}) = \frac{1}{3}(-E - 0) = \mathbf{- \frac{1}{3} E}$,

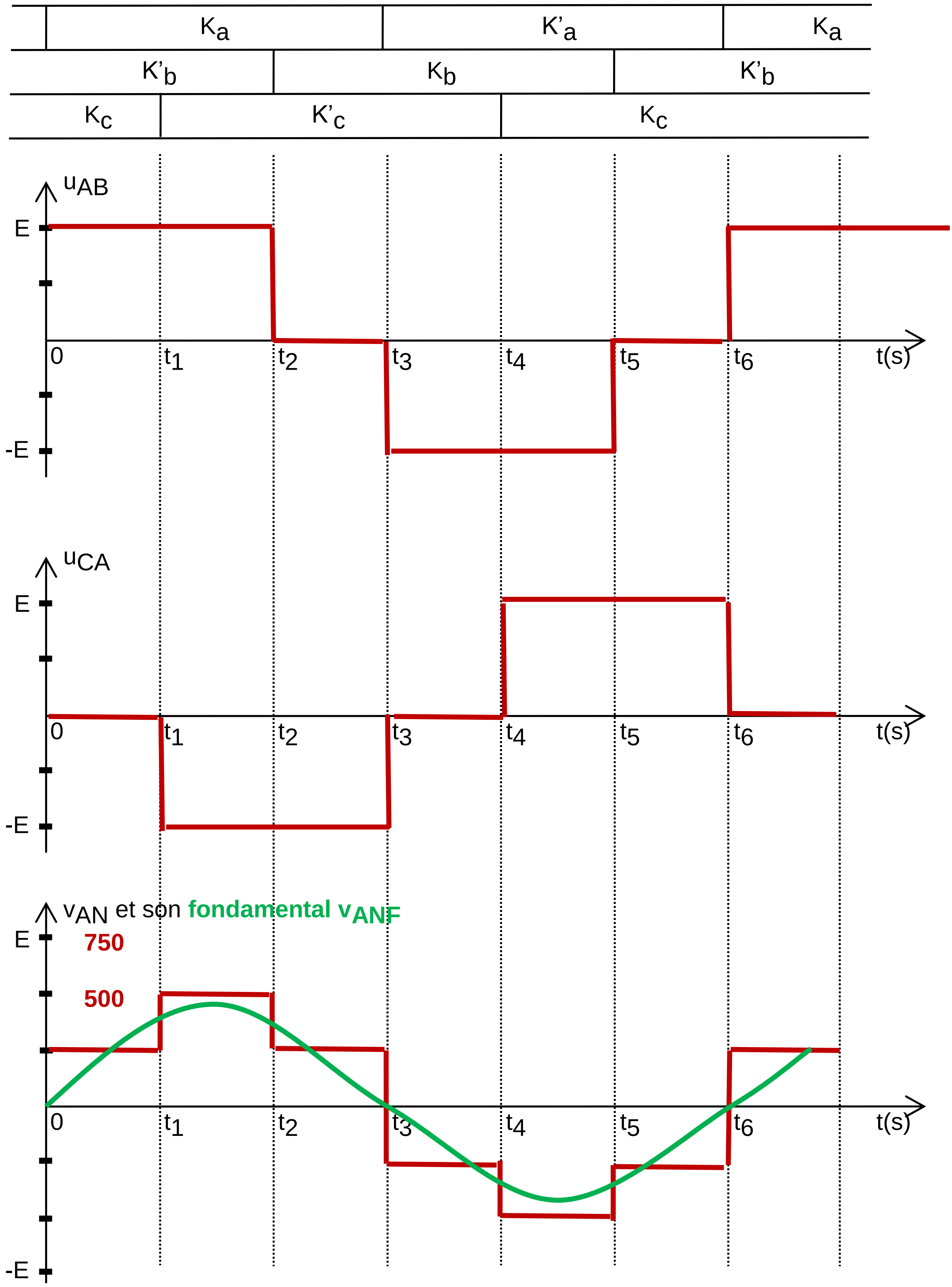
de $t_4$ à $t_5$ $v_{AN} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA}) = \frac{1}{3}(-E - E) = \mathbf{- \frac{2}{3} E}$

et de $t_5$ à $t_6$ $v_{AN} = \frac{1}{3}(u_{AB} - u_{CA}) = \frac{1}{3}(0 - E) = \mathbf{- \frac{1}{3} E}$.

1.8. Déduire de la question précédente la représentation de la tension simple $v_{AN}$ sur le document réponse

voir le document réponse.

Document réponse nom :



## 2. La tension simple $v_{AN}$

$v_{AN}(t)$ obtenue se décompose en série de Fourier suivant la formule suivante :

$$v_{AN}(t) = \frac{2E}{\pi} \left[ \sin \omega t + \frac{1}{5} \sin (5\ \omega t) + \frac{1}{7} \sin (7\ \omega t) + \frac{1}{11} \sin (11\ \omega t) \right]$$

2.1. vérifier sur la calculette graphique cette formule en programmant la formule

$$Y = \sin X + \frac{1}{5} \sin (5X) + \frac{1}{7} \sin (7X) + \frac{1}{11} \sin (11X) ]$$

en mode radian, choisir les échelles X de 0 à 7 et Y de -1.2 à 1.2 .
Relever la courbe obtenue sur la copie.


**On obtient une courbe identique à $v_{AN}(t)$**

**La différence vient du fait qu'on a négligé les harmoniques de rangs supérieurs à 11 dans la décomposition.**

2.2. représenter le fondamental sur le document réponse page 3.

Le fondamental est $v_{ANF} = \frac{2E}{\pi} \sin \omega t = \frac{2 \times 750}{\pi} \sin \omega t = 477 \sin \omega t$

c'est un signal **sinusoïdal** d'**amplitude 477 V** et **en phase avec $v_{AN}(t)$**

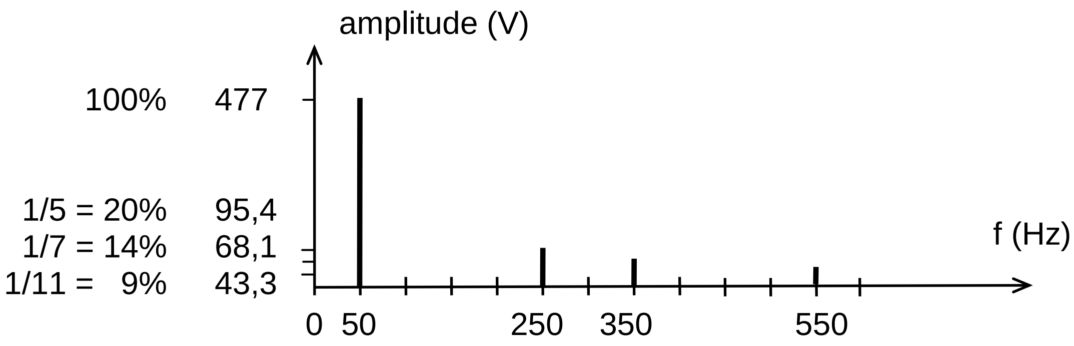
2.3. représenter le spectre d'amplitude de $v_{AN}(t)$
indiquer les valeurs des fréquences si l'onduleur est programmé pour réaliser des tensions de période T = 20 ms.

Le fondamental est donc d'amplitude **477 V** à $f = \frac{1}{0{,}020}$ = **50 Hz**,

l'harmonique de rang 5 a une amplitude de $\frac{1}{5}\ \frac{2E}{\pi} = \frac{477}{5}$ = **95,4 V** à 5 x 50 = **250 Hz**,

l'harmonique de rang 7 a une amplitude de $\frac{1}{7}\ \frac{2E}{\pi} = \frac{477}{7}$ = **68,1 V** à 7 x 50 = **350 Hz**,

l'harmonique de rang 11 a une amplitude de $\frac{1}{11}\ \frac{2E}{\pi} = \frac{477}{11}$ = **43,3 V** à 11 x 50 = **550 Hz**.




2.4. calculer le taux de distorsion harmonique TDH % de cette tension simple.

$$TDH\% = 100 \times \frac{\sqrt{V_5^2 + V_7^2 + V_{11}^2}}{V_F} = 100 \times \frac{\sqrt{95{,}4^2 + 68{,}1^2 + 43{,}3^2}}{477} = \mathbf{26{,}2\ \%}$$

3. **Calculer <u>les valeurs efficaces</u>**

- de la tension composée U d'après la courbe $U_{AB}$ ,

comme la tension est au $\frac{2}{3}$ de la période à la valeur E on a $U = \sqrt{\frac{2}{3}}\,E$

$$U = \sqrt{\frac{2}{3}}\,E = \sqrt{\frac{2}{3}} \times 750 = \mathbf{612\ V}$$

- de la tension simple V d'après la relation usuelle entre tension simple et composée,

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{612}{\sqrt{3}} = \mathbf{353\ V}$$

- du fondamental $V_F$ d'après la formule de la décomposition en série

$$v_{ANF} = \frac{2E}{\sqrt{2}\ \pi} = \frac{2 \times 750}{\sqrt{2} \times \pi} = \mathbf{338\ V}$$

## 4. Bilan des puissances

Si le courant en ligne est pratiquement sinusoïdal et de valeur efficace 100 A
et que le moteur a un facteur de puissance de cos $\varphi_F$= 0,8 , calculer :

4.1. la puissance apparente S,

$S = \sqrt{3}\ U\ I = \sqrt{3} \times 612 \times 100 =$ **106 kVA**

4.2. la puissance active P,

le couplage est en étoile donc $P = 3\ V_F\ I \cos\varphi_F = 3 \times 338 \times 100 \times 0{,}8 =$ **81,1 kW**

4.3. la puissance réactive Q,

$P = 3\ V_F\ I \sin\varphi_F = 3 \times 338 \times 100 \times 0{,}6 =$ **60,8, kvar**

4.4. la puissance déformante D,

$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \sqrt{106^2 - 81{,}1^2 - 60{,}8^2} =$ **31,0 kVAD**

4.5. le facteur de puissance PF

$PF = \frac{P}{S} = \frac{81{,}1}{106} =$ **0,765**

4.6. le facteur de déplacement

$DPF = \cos\varphi_F =$ **0,8**