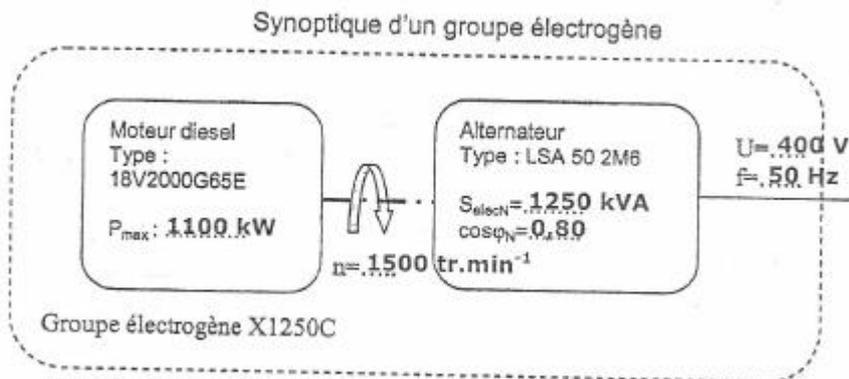


Durée : 4 h	Physique Appliquée	Coefficient : 3
BTS 2015	Arena de Nanterre	Méto
Calculatrice autorisée	<i>Bilan énergétique-Alternateur-Méca Flu-Qualité</i>	<i>Enoncé</i>

PARTIE A : CARACTERISTIQUES DU GROUPE ELECTROGENE

A.1. Compléter, sur le document réponse 1, le synoptique d'un groupe électrogène en indiquant les valeurs numériques :



A.2. Vitesse de rotation et accouplement :

A.2.1. Pour obtenir une fréquence des tensions de sortie égale à 50 Hz : $n_s = \frac{60 \times f}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ tr / min}$.

A.2.2. Comme les fréquences de rotations sont identiques , on aura un accouplement direct.

A.3. La puissance active nominale P_{elecN} fournie par l'alternateur pour un facteur de puissance de 0,8

$P_n = S_n \cdot \cos \varphi_n = 1250 \times 0,8 = 1000 \text{ kW}$ Ce qui correspond à la puissance maximale disponible en sortie de groupe électrogène.

A.4. Pertes de l'alternateur au point de fonctionnement nominal :

Les pertes de l'alternateur (p_{fer} , $p_{méca}$, p_{joules}) donnent toutes lieu à une dissipation de chaleur.

En vous référant aux « caractéristiques alternateur » de l'annexe 1

A.4.1. La ligne dissipation de chaleur correspond aux pertes totales : $p_{totN} = 51240 \text{ W}$

$p_{tom} = \frac{P_u}{\eta} - P_u = \frac{1000}{0,951} - 1000 = 51,5 \text{ kW}$

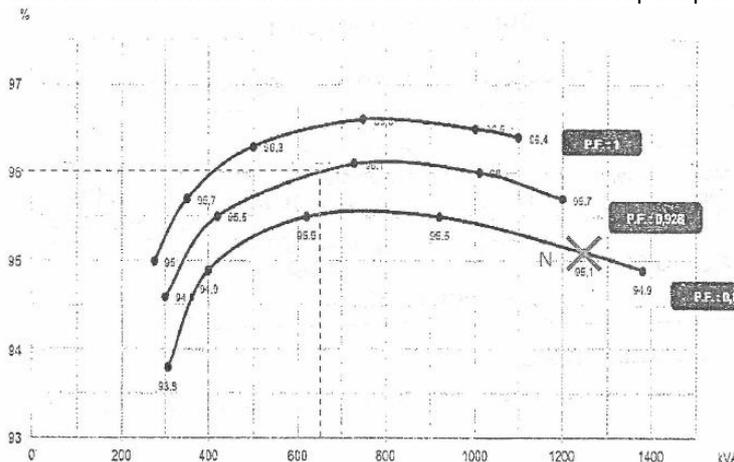
A.4.2. La valeur de l'ensemble pertes fer et mécanique $p_{ferN} + p_{mécaN}$ est obtenue grâce à l'essai à vide donc

$p_{fer} + p_{mécaN} = 13960 \text{ W}$

A.4.3. La valeur des pertes joules $p_{joulesN}$: $p_{joulesN} = P_{totN} - (p_{fer} + p_{mécaN}) = 51240 - 13960 = 37280 \text{ W}$

A.5. Le rendement η_N de l'alternateur pour ce point de fonctionnement : $\eta = \frac{P_u}{P_u + p_{totN}} = \frac{1000}{1000 + 51,24} = 95,1\%$.

A.6. Le point correspondant à ce fonctionnement sur les courbes de rendement est repéré par N



A.7. La puissance mécanique $P_{méca}$ que doit fournir le moteur diesel pour que l'alternateur fournisse sa puissance active nominale est de

$$P_{mécaN} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{1000}{0,951} = 1050 \text{ kW}.$$

A.8. Le moteur du groupe permet ce fonctionnement car sa puissance max (1100 kW) est supérieure à cette valeur (1050 kW)

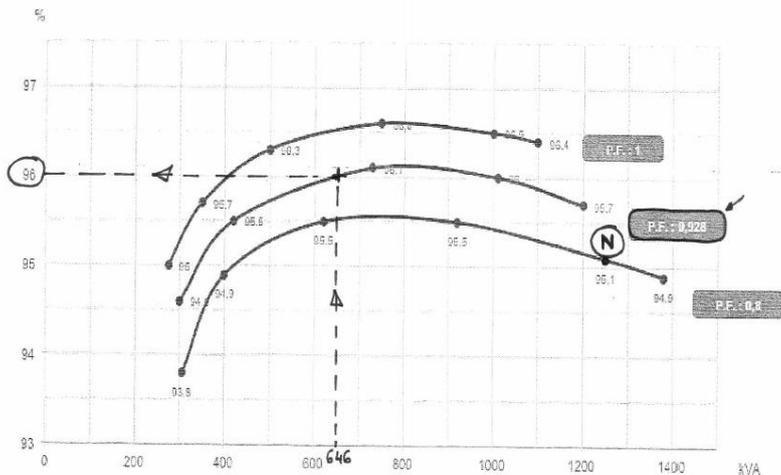
Pendant les spectacles, chaque groupe électrogène est configuré pour fournir une puissance active $P_{elec} = 600 \text{ kW}$ avec un facteur de puissance $k = 0.928$.

A.9. Calculer dans ce cas, la puissance mécanique que doit fournir le moteur en détaillant les calculs intermédiaires.

On calcule la puissance apparente de l'alternateur $S = \frac{P_{elec}}{k} = \frac{600}{0,928} = 646 \text{ kVA}$

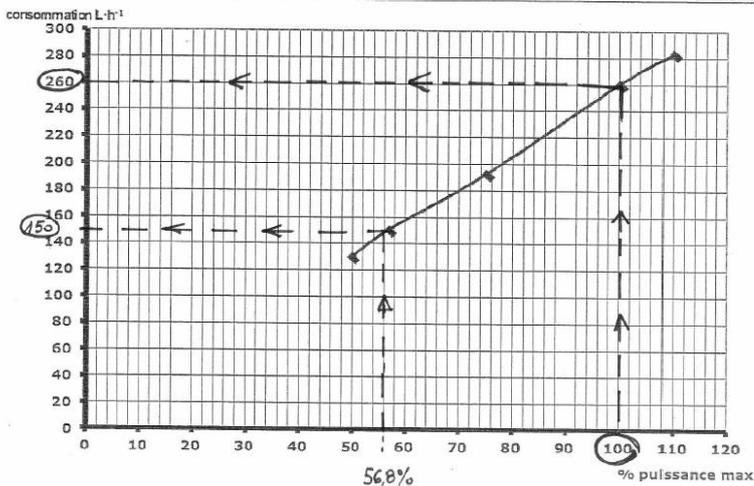
En renvoyant ce point de fonctionnement sur le doc 2 on lit que le rendement vaut 96%.

On obtient alors : $P_{mécaN} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{600}{0,96} = 625 \text{ kW}$



PARTIE B : CONSOMMATION D'UN MOTEUR DIESEL

B.1. La consommation, en $L \cdot h^{-1}$, d'un moteur lorsqu'il fournit une puissance de 1100 kW soit 100% de P_{max} est lue sur le graphique : 260 L/h.



B.2. Comme on est à 625 kW de puissance consommée soit 57% de P_{max} , on lit graphiquement 150 L/h. Soit pour 2h30 de spectacle $V_1 = 2,5 \times 150 = 375 \text{ L}$.

Le pouvoir calorifique inférieur PCI d'un combustible représente l'énergie dégagée sous forme thermique par la combustion de 1 kg de ce combustible.

Le pouvoir calorifique inférieur du fioul utilisé est $PCI = 11,9 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$.

La masse volumique de ce fioul est $\rho = 0,95 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

B.3. La masse de fioul correspondant au volume V_1 est $m = \rho \cdot V_1 = 0,95 \times 375 = 356 \text{ kg}$

B.4. L'énergie thermique Q_1 correspondant à la combustion du fioul par moteur pendant la durée d'un spectacle est de $Q_1 = m_1 \cdot PCI = 356 \times 11,9 = 4240 \text{ kWh}$

B.5. Le rendement du moteur diesel $\eta_{diesel} = \frac{\Delta W_{meca}}{Q_1} = \frac{P_{meca} \cdot \Delta t}{Q_1} = \frac{625,5 \times 2,5}{4240} = 36,9\%$

Le fioul est stocké dans une citerne d'une capacité de 10000 litres enterrée sous le sous-sol du bâtiment pour des raisons de sécurité. Un réservoir journalier d'une capacité de 500 litres est implanté dans le local de la Centrale Groupe Électrogène sur la terrasse et alimente les moteurs.

B.6. Le volume total de fioul nécessaire par spectacle, sachant que l'on a deux moteurs qui consomment 375 L chacun soit 750 L de fioul au total. Le réservoir journalier ne suffit pas.

PARTIE C : DIMENSIONNEMENT DU RESEAU FIOUL.

C.1. Bilan de puissance

$$\frac{1}{2g} v_A^2 + h_A + \frac{p_A}{\rho g} - \Delta H = \frac{1}{2g} v_B^2 + h_B + \frac{p_B}{\rho g}$$

C.1. La pression p_B au point B est la pression atmosphérique car on est à l'air libre.

C.2. Les vitesses v_A et v_B sont égales car les sections sont inchangées.

Elles vérifient $v_A = v_B = \frac{Q_v}{S}$ où Q_v est le débit volumique et S la section de la canalisation.

$$v_A = v_B = \frac{Q_v}{S} = \frac{Q_v}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{1,5}{\frac{\pi (25 \cdot 10^{-3})^2}{4}} = 0,85 \text{ m/s donc } \boxed{v_A = v_B = 0,85 \text{ m/s}}$$

C.3. La hauteur manométrique H_{pompe} de la pompe en fonction de h et ΔH .

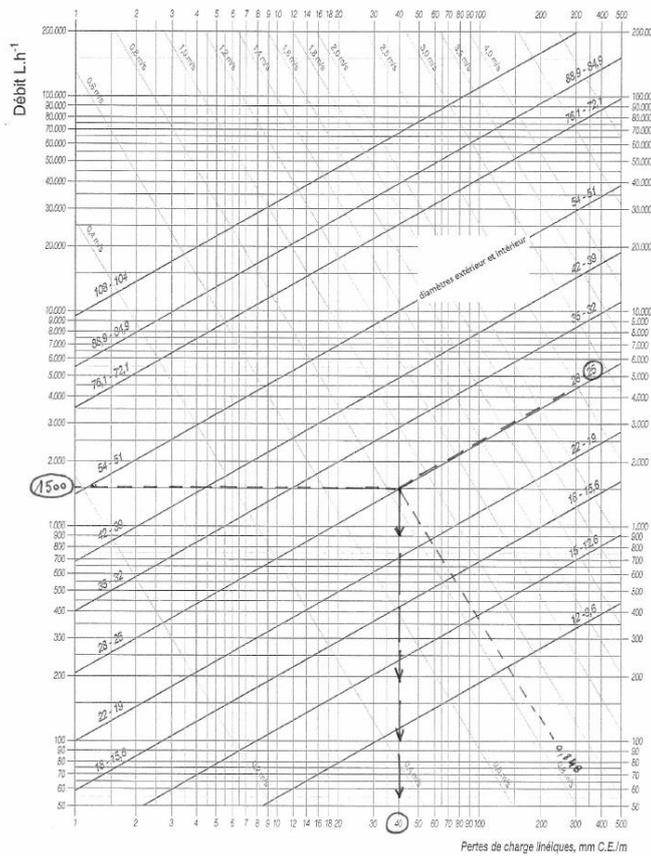
$$H_{pompe} = \underbrace{\frac{1}{2g} (v_B^2 - v_A^2)}_0 + \underbrace{(h_B - h_A)}_h + \frac{1}{\rho g} \underbrace{(p_B - p_A)}_0 + \Delta H$$

$$\text{Donc } \boxed{H_{pompe} = h + \Delta H}$$

Les pertes de charge sont dues au frottement du fluide sur les parois de la canalisation et aux singularités de parcours (coudes, vannes, té...). Ces singularités sont assimilées à des longueurs supplémentaires de canalisation. On prend une longueur totale équivalente de la canalisation est $L = 34 \text{ m}$.

C.4. A l'aide de l'abaque on lit pour 1500 L/h et un diamètre intérieur de canalisation de 25 mm, on a 40 mmCE de pertes de charge par mètre de tuyau. Donc pour 34 m de canalisation, la valeur des pertes de charge est $\boxed{\Delta H = 40 \cdot 10^{-3} \times 34 = 1,36 \text{ mCE}}$.

Pertes de charge linéiques TUBES ACIER



C.5. La hauteur manométrique de la pompe est donc $H_{pompe} = h + \Delta H = 30 + 1,36 = 31,4 \text{ mCE}$

Les caractéristiques des pompes auto-amorçantes à palette choisies sont données figure 5.

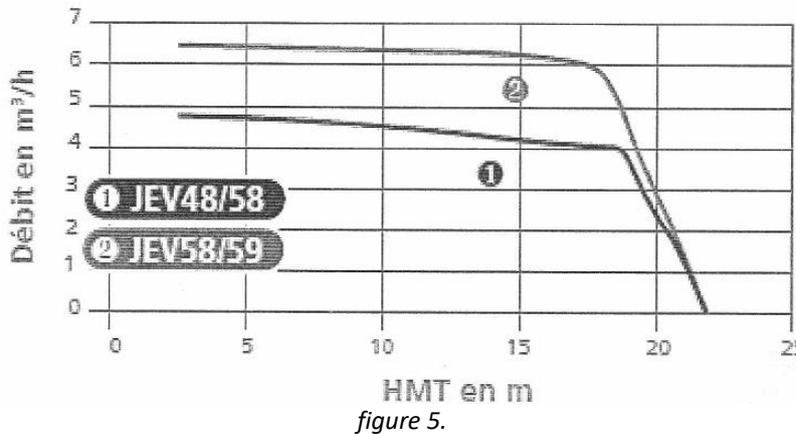


figure 5.

C.6. Aucune de ces deux pompes ne peut suffire à elle seule à approvisionner le réservoir car la hauteur manométrique maximale est de 22 MCE ce qui est inférieur aux 31,4 mCE nécessaires.

C.7. La mise en série des deux pompes permet à chaque pompe de fournir environ 15 mCE, ce qui est compatible avec les données constructeur

C.8. Comme on a besoin de 1,5 m³/h, les deux pompes conviennent, donc on prend la moins puissante soit la pompe 1 JEV48/58

PARTIE D : REGLAGE DU FACTEUR DE PUISSANCE LORSQUE LE GROUPE ELECTROGENE EST COUPLE AU RESEAU.

D.1. Comme les alternateurs sont couplés au réseau. La valeur efficace des tensions composées est donc de 400 V.

D.2.

P(kW)	600	800	1000
Q (kVAR)	240	320	400

- D.3.** Les conditions de tarifications imposent $\tan \varphi = \frac{Q}{P} = 0,4$ quelques soient les conditions de fonctionnement donc $\cos \varphi = 0,928$.

On va chercher à déterminer la valeur de l'intensité du courant dans la roue polaire de l'alternateur lorsque l'alternateur fournit sa puissance active nominale $P = 1000 \text{ kW}$ avec $\cos \varphi = 0,928$ sous une tension composée $U = 400 \text{ V}$.

- D.4.** La valeur efficace du courant de ligne pour ce point de fonctionnement $I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,928} = 1560 \text{ A}$.

Le modèle équivalent par phase de l'alternateur (v tension simple, i courant de ligne, e fem à vide) est représenté par le schéma de la figure 7.

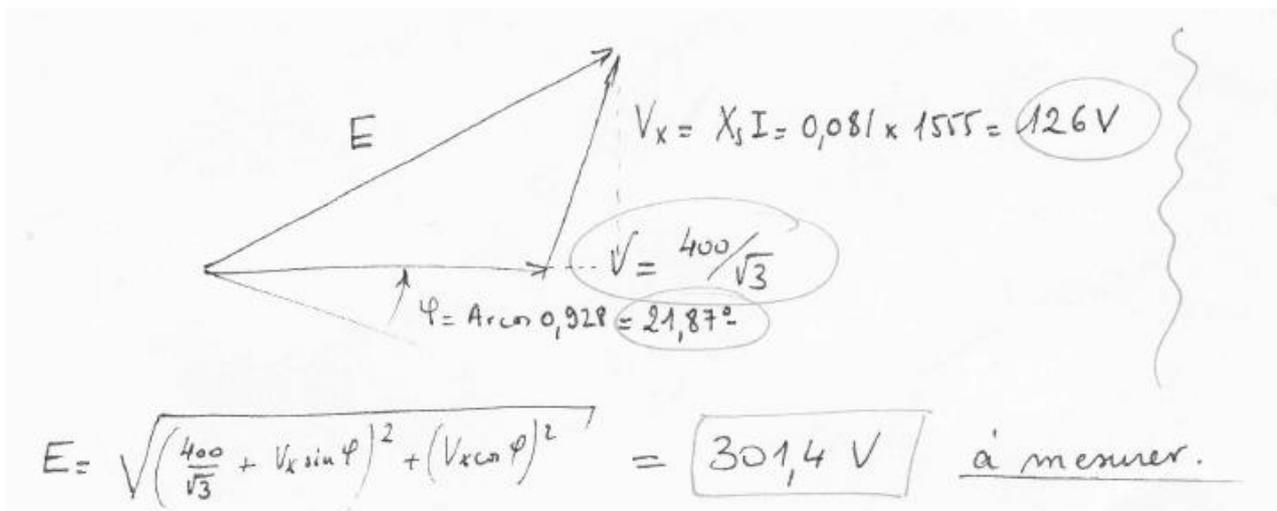
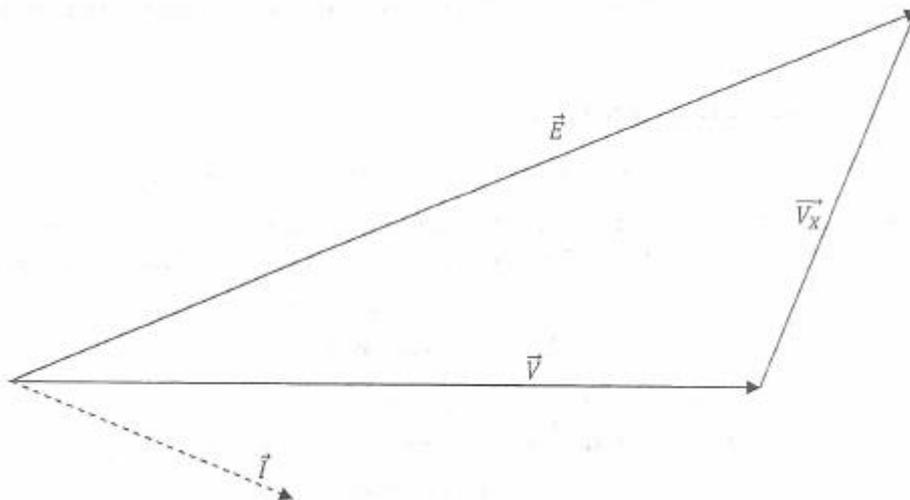
La loi des mailles associée est $e = v + v_x$

Le diagramme de Behn-Eschenburg associé est donné figure 8.

\vec{E}, \vec{V} et \vec{V}_x sont les vecteurs associés aux grandeurs instantanées e, v et v_x .

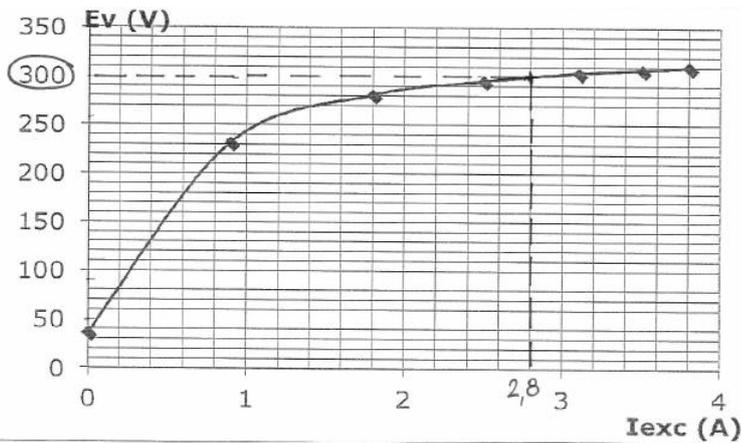
Des essais ont permis de déterminer la réactance synchrone $X = 81 \text{ m}\Omega$.

- D.5.** $V = 230 \text{ V}$ soit 11,5 cm.
 $\varphi = 22^\circ$
 $V_x = X \cdot I = 0,081 \times 1560 = 126 \text{ V}$ soit 6,3 cm



- D.6.** La valeur efficace E de la fem e du modèle de Behn-Eschenburg a pour longueur 15 cm donc $E = 300 \text{ V}$

- D.7.** Le modèle de Behn Eschenburg est valable si on fait l'hypothèse que le circuit magnétique de l'alternateur n'est pas saturé. La valeur de E trouvée est de 300V



On est dans la zone de saturation, donc le modèle de Behn Eschenburg n'est pas valable

figure 10.

D.8. On doit contrôler le courant d'excitation de l'alternateur. Pour obtenir un facteur de puissance de 0,928 avec une puissance de 1000 kW, on voit que le courant d'excitation doit être réglé à 2,8 A. Pour toute autre valeur de i_{exc} et de même P la facteur de puissance est différent

VALEURS	charge N°1	charge N°2	charge N°3
U Phase (V)	400	400	400
P (kW)	1000	1000	1000
cos φ	0,8	0,928	1
i_{exc} (A)	3,8	2,8	2,5
F (Hz)	50	50	50

PARTIE E: QUALITE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

E.1. Pour les harmoniques de rang 3, 5 et 7, les seuils maximums des valeurs efficaces, autorisés par ERDF sont :

Rang 3 : $i_3 = 2\% \times I_3 = 0,02 \times 6640 = 266$ A

Rang 5 : $i_5 = 5\% \times I_5 = 0,05 \times 6640 = 332$ A

Rang 7 : $i_7 = 5\% \times I_7 = 0,02 \times 6640 = 332$ A

E.2.

E.2.1. $S_{tot} = 3 \times S = 3 \times 596 = 1800$ kVA, on retrouve la valeur prévue

E.2.2. Les charges spectacles sont non linéaires, elles génèrent donc des courant harmoniques.

E.3.

E.3.1. La fréquence et la valeur efficace du fondamental du courant de ligne sont de 50 Hz et sa valeur efficace est $I_1 = 2320$ A.

E.3.2.

Rang 3 : 150 Hz et 816 A

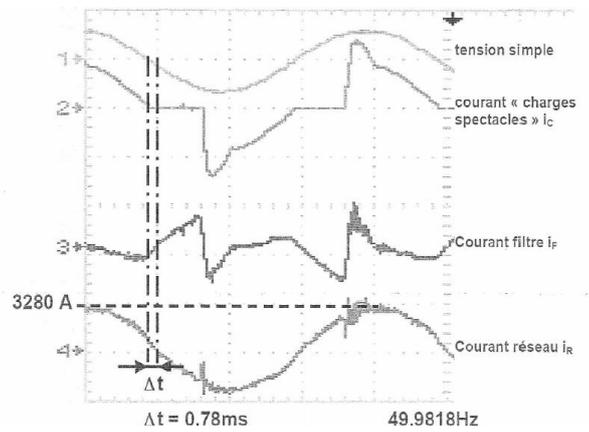
Rang 5 : 250 Hz

Rang 7 : 350 Hz

E.4. Les valeurs efficaces obtenues pour les courants de la « charge spectacle » sont supérieures aux seuils maximum autorisés, il faut donc un filtre

E.5. $i_R + i_F = i_C$.

E.6. $i_C = i_{fond} + i_{harm}$ et $i_R = i_{fond}$. Donc $i_{fond} + i_{harm} = i_{fond} + i_f$ il faut donc $i_f = i_{harm}$



E.7. Fondamental du courant « charges spectacles »

E.7.1. On lit sur l'écran A décalage $\cos \varphi = 0,97$ donc $\varphi = 14^\circ$.

E.7.2. $I_{cfond\ max} = 2320\sqrt{2} = 3280A$

E.8. Courant réseau

E.8.1. $\varphi = \frac{360 \cdot \Delta t}{T} = \frac{360 \times 0,78}{20} = 14^\circ$. Valeur trouvée au E.7.1.

E.8.2. On retrouve 3280 A, la valeur trouvée au E.7.2.

E.9. Grâce au filtre le courant est conforme aux besoins et à la norme.

