

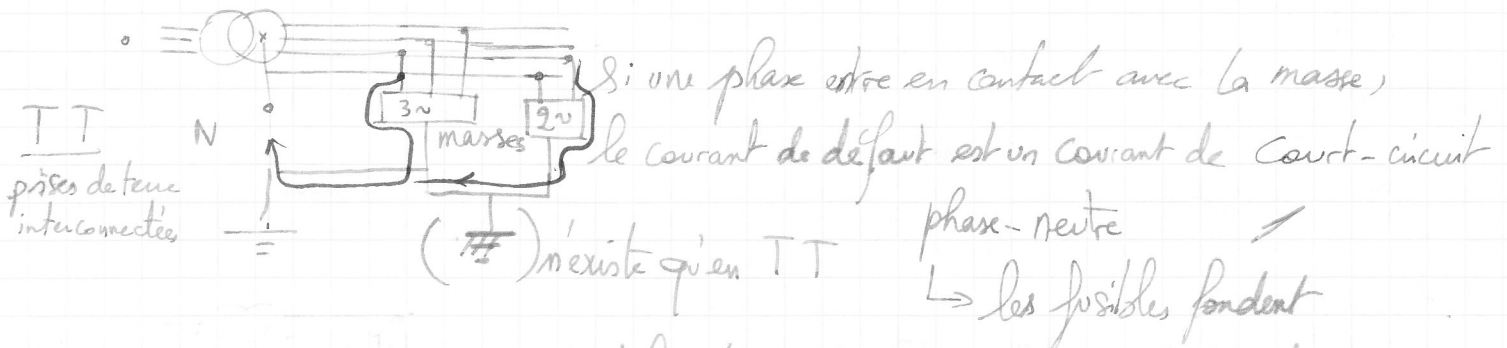
$$5,5 + 5 + 11,5 + 6,5$$

Voisin de Q_e à 3.

$$\frac{28,5}{40}$$

Questions de cours

1) • En fondant si ils sont soumis à un fort courant, ils coupent le courant en cas de court-circuit



⇒ au moindre courant de défaut, le courant est coupé ⇒ la protection des personnes est assurée

• Ils peuvent aussi protéger contre de grosses surcharges

2) vert-jaune

3) Bien que l'alliage d'Al ait une plus grande résistivité que le Cu (un fil de même section aura donc une + grande résistance s'il est en Al que s'il est en Cu), l'Al est moins cher et moins lourd

→ pour des fils de grandes longueurs, on préférera des fils en Al.

$$\rho \approx 2 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \text{ pour le Cu.}$$

$$\rho \approx 3,3 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m.$$

$$\text{or } R = \rho \frac{l}{S}$$

Pour transporter le même courant, il faut les mêmes pertes joule

$$\Rightarrow R_{Cu} I_{Cu}^2 = R_{Al} I_{Al}^2$$

$$\Rightarrow R_{Cu} = R_{Al}$$

$$\Rightarrow \frac{R_{Cu}}{S_{Cu}} = \frac{R_{Al}}{S_{Al}}$$

$$\Rightarrow S_{Al} = \frac{R_{Al}}{R_{Cu}} S_{Cu} \Rightarrow S_{Al} \approx 5/3 S_{Cu}$$

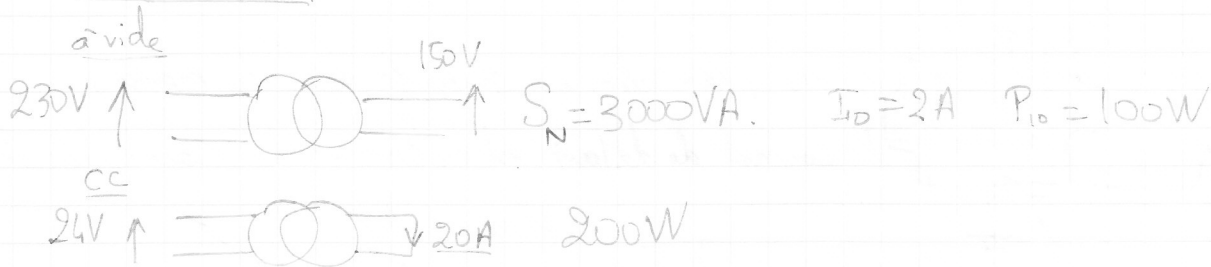
Il faut donc $\frac{5}{3}$ fois plus de volume, mais l'Al est 1 fois + léger et bien moins cher
nécessité des piliers moins gros → moins cher
⇒ cela revient moins cher

Donc à pertes joules égales pour un courant transporté égal, l'alü revient bien moins cher.

1°) • Carbone
• acier ~~(?)~~

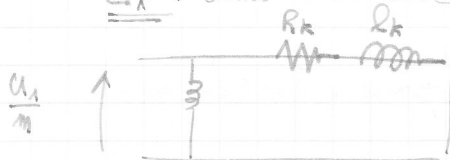
O, T

Problème 1



Question 1) $\underline{m} = \frac{230}{U_{20}} = \frac{230}{150} = 1,53$ ✓

$\underline{Z}_k$: dans essai en CC :



$I_{cc} = \frac{U_1/m}{Z_k} \Rightarrow Z_k = \frac{U_1/m}{I_{cc}}$

et $P = R_k I^2 \Rightarrow R_k = P/I^2 \Rightarrow R_k = \frac{200}{20^2} = 0,5 \Omega = R_k$

soit $Z_k = \frac{24/1,53}{20} = 0,784 \Omega$ qui

3 $Z_k = \sqrt{R_k^2 + L_k^2 \omega^2} \Rightarrow L_k = \sqrt{\frac{Z_k^2 - R_k^2}{\omega^2}} \Rightarrow L_k = 1,92 \cdot 10^{-3} \Omega$

$X_k = \uparrow 2\pi \times 50$

$U_{20} - U_2 = R_k I_c \cos \varphi + X_k I_c \sin \varphi$

$U_{20} - U_2 = 0,5 \times 15 \times \cos(26,9^\circ) + 1,29 \cdot 10^{-3} \times 2\pi \times 50 \times 15 \times \sin(26,9^\circ)$

$\cos \varphi = 0,6$ $\uparrow$ déphasage Aniele

$U_{20} - U_2 = 7,44 \text{ V}$

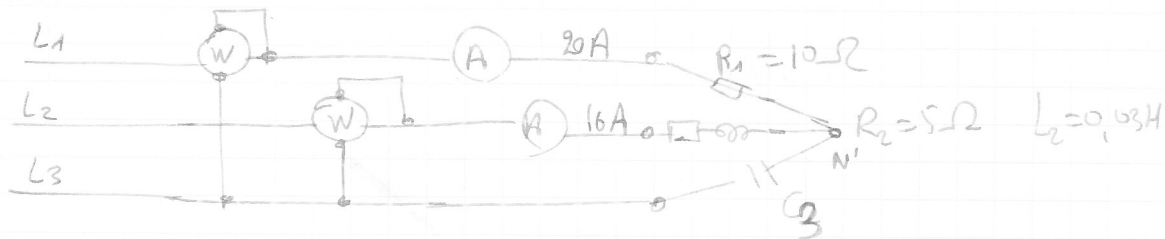
1 $\hookrightarrow U_2 = U_{20} - 7,44 \text{ V} = 150 - 7,44 = 142,56 \text{ V}$

Tension secondaire

($\approx 5\%$ de chute de tension: car "brut")

Suite à la fin de la 2^e copie double

Problème 2



$$P_1 = 6800W \quad I_1 = 20A$$

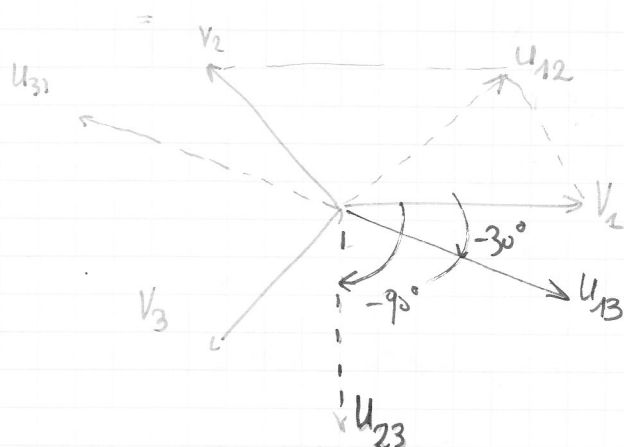
$$P_2 = -1520W \quad I_2 = 16A$$

Côté réseau On a un réseau 3 fils. $\Rightarrow P = P_1 + P_2 = 6800 - 1520 = 5,28kW$ — 4

Côté récepteurs Dans R_1 : $P = R_1 I_1^2 = 10 \times 20^2 = 4kW$
 Dans R_2 : $P = R_2 I_2^2 = 5 \times 16^2 = 1,28kW$
 $\Rightarrow$ même valeur trouvée. C'est normal car on peut exprimer P aussi
 bien en faisant un bilan sur le réseau ou sur les récepteurs. Car $P=0$ dans L_2 et dans C_3

En N_1 on a un nœud $\Rightarrow \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = 0$ (I)

$$P_1 = U I_1 \cos(\text{phase de } U_{13} - \text{phase du courant } I_1)$$



soit $P_1 = U I_1 \cos(-30^\circ - \varphi_{I_1/U_1})$

$\varphi_{\text{récepteur}}$

(II) φ_{I_1/U_1}

et $P_2 = U I_2 \cos(\text{phase } U_{23} - (\text{phase du courant } I_2))$

$$P_2 = U I_2 \cos(-90^\circ - \varphi_{I_2/U_2})$$
 (III)

$\hookrightarrow$ phase de I_x (sur $\vec{V}_1$)

Connaissant P_1, P_2, U, I_1 et $I_2 \Rightarrow$ on déduit de (II) et (III)

les valeurs de φ_{I_1/U_1} : la phase de I_1 par rapport à celle de $\vec{V}_1$

φ_{I_2/U_2} : — — — I_2 — — —

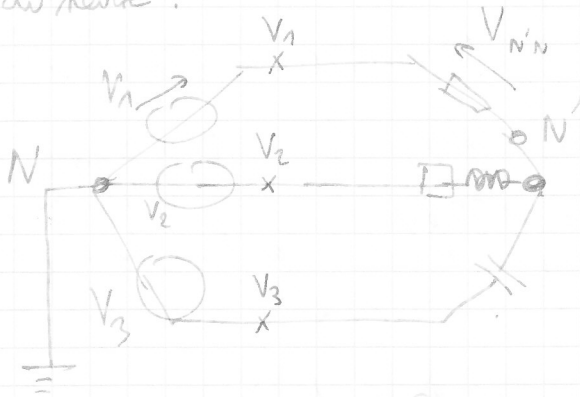
De là, on écrit $I_1 \angle \varphi_{I_1/U_1} + I_2 \angle \varphi_{I_2/U_2} + I_3 \angle \varphi_{I_3/U_3} = 0$

Ceci est une équation complexe. En séparant partie réelle & partie Imaginaire, on en déduit I_1 et φ_{I_1/U_1}

On aura alors

$$\underline{I}_3 = I_3 \angle -240^\circ - \varphi_{I_3/U_3}$$

On en déduit la valeur de C_3 en calculant la tension de déplacement du neutre :



Grâce à la formule de Millmann :

$$\underline{V}_{NN'} = \frac{\underline{V}_1/\underline{Z}_1 + \underline{V}_2/\underline{Z}_2 + \underline{V}_3/\underline{Z}_3}{1/\underline{Z}_1 + 1/\underline{Z}_2 + 1/\underline{Z}_3} \quad (IV)$$

$\underline{Z}_1$ et $\underline{Z}_2$ sont connus (impédance des récepteurs)

$\underline{V}_1$, $\underline{V}_2$, $\underline{V}_3$ sont les 3 tensions simples (connues)

O, T

$$\text{Or } \underline{I}_1 = \frac{\underline{V}_{NN'}}{\underline{Z}_1} \text{ et } \underline{I}_2 = \frac{-\underline{V}_{NN'}}{\underline{Z}_2}$$

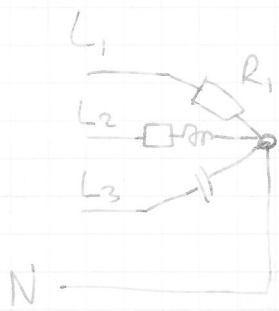
avec $\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$ désormais connus en phase comme en amplitude

On en déduit donc la phase & l'amplitude de $\underline{V}_{NN'}$

Alors, dans IV, seul $\underline{Z}_3$ est inconnu.

Or IV est une équation complexe, qui donne 2 équations réelles (avec $\underline{Z}_3 = -C_3 \omega j$)

On obtient donc une équation sur les parties imaginaires qui permet de déduire C_3 .



$$V_1 = Z_1 I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U}{\sqrt{3} R_1} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 10} = 23,09 \text{ A}$$

avec $\varphi_1 = 0$

$$\hookrightarrow \vec{I}_1 = 23,09 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{3} Z} = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{R_2^2 + (L_2 \omega)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \sqrt{5^2 + (0,03 \times 314,16)^2}}$$

$$2\pi \times 50 = 21,65 \text{ A}$$

$$\varphi_2 = \text{Atan} \frac{L\omega}{R} = \text{Atan} \frac{314,16 \times 0,03}{5} = 62,05^\circ$$

$$\hookrightarrow \vec{I}_2 = 21,65 \angle -62,05^\circ$$

Puissance active côté récepteurs

$$P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 = 10 \times 23,09^2 + 5 \times 21,65^2$$

$$P = 7675 \text{ W}$$

C'est différent de ce qu'on avait dans le montage précédent, ce qui n'est pas étonnant car on n'est pas du tout dans la même configuration (tensions différentes, donc courants différents).

On a $P_1 = U I_1 \cos(\text{phase de } U_{13} - \text{phase du courant}) = 400 \times 23,09 \cos(-30 - 0)$
 $P_1 = 7998,6 \text{ W}$

$P_2 = U I_2 \cos(\text{phase de } U_{23} - \text{phase du courant}) = 400 \times 21,65 \cos(90 - (-62,05 - 120))$
 $P_2 = 7301 \text{ W}$

Soit $P_1 + P_2 = 15300 \text{ W}$

En effet; $\theta_1 + \theta_2$ ne donne donc pas la valeur de P comme c'est le cas en réseau 3 fils.

en effet $P = u_1 i_1 + u_2 i_2 + u_3 i_3$

$$= i_1 u_3 + i_2 u_3 + u_3 i_3 + i_1 (u_1 - u_3) + i_2 (u_2 - u_3)$$

$$= u_3 (i_1 + i_2 + i_3) + \theta_1 + \theta_2$$

Soit $P = \theta_1 + \theta_2 + \cancel{u_3 (i_1 + i_2 + i_3)}$ dans notre configuration
(alors qu'en 3 fils $i_1 + i_2 + i_3 = 0$, ce qui donnait $P = \theta_1 + \theta_2$)

0,5

Problème 3

1) Disjoncteur général DG

$$cal > I_{\text{Nominale}} \Rightarrow cal > \frac{S_n}{\sqrt{3} U}$$

$$cal > \frac{1600 \cdot 10^3 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 400} \Rightarrow cal > 2309,4 \text{ A}$$

On choisit donc un DG de calibre 2500 A, qui sera réglé à $\approx 2310 \text{ A}$.

1

2)

Son rôle est de protéger le câble C

2,5

Calibre $> I_z$ Donc calibre 400 A. $I_R = 380 \text{ A}$

$$P_{dc} > I_{cc}$$

I_{cc} : Courant de court-circ. dans le transfo: $I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{R_k^2 + X_k^2}}$

$$\text{Soit } P_{dc} > \frac{400 \cdot 410}{\sqrt{3} \sqrt{0,0014^2 + 0,008^2}} \text{ ie } P_{dc} > 38,5 \text{ kA}$$

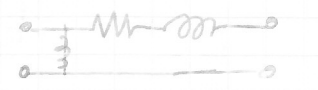
Question 3 Calibre des fils F_2 $I_{al} > \frac{S}{\sqrt{3} U}$

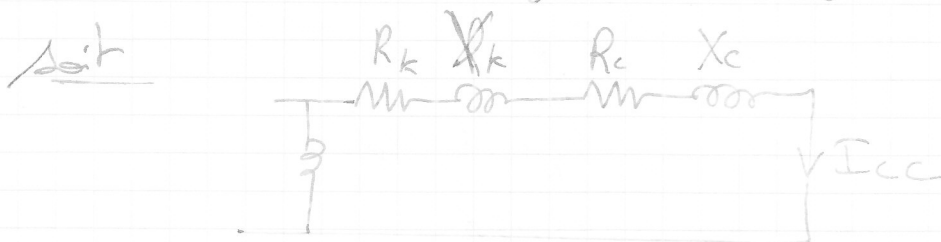
$$I_{al} > \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 400}$$

$$I_{al} > 72 \text{ A.}$$

Donc calibre 80 A ✓

En cas de court circuit, le courant I_{cc} sera limité par :

le Z transformation $\Rightarrow$ 
le Z du cable C.  Court circuit



$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} Z} = \frac{410}{\sqrt{3} \sqrt{(0,0014 + 0,01)^2 + (0,0006 + 0,02)^2}}$$

$\uparrow$ somme des R $\uparrow$ somme des X

$$= 8135 \text{ A}$$

Donc $P_{dc} > 8135 \text{ A}$

Suite du problème 1

$$P = U_{l2} \cos \varphi$$

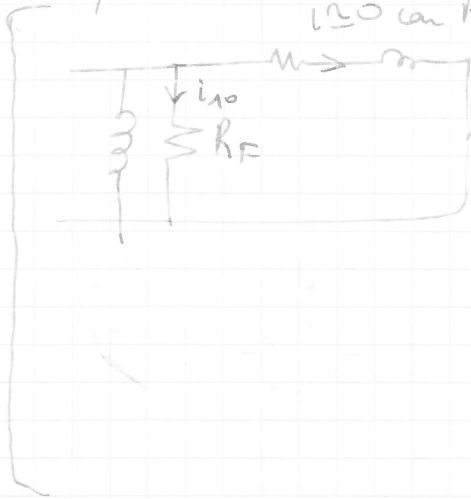
$$= 142,56 \times 15 \times \cos(\text{---})$$

$$P = 2138 \text{ W}$$

les pertes sont $P = R_k I^2 = 0,5 \times 15^2 = 112,5 \text{ W (Joule)}$

0,5

Pour la perte fer, on se sert de l'essai à vide (où $P_s \approx 0$)
 i_{10} ou $P_s \approx 0$



$$\Rightarrow R_F = \frac{U_1 / m}{I_{10}} = \frac{150}{2} = 75 \Omega$$

Donc $\Rightarrow$ perte fer $P_F = \frac{(U_2)^2}{R_F} = \frac{142,56^2}{75} = 270,97 \text{ W}$

Soit $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + (P_s + P_F)}$

$$= \frac{2138}{2138 + 112,5 + 270,97}$$

$\boxed{\eta = 84,79\%}$ pour cette charge.

En court circuit $I_{cc} = \frac{U_{20}}{Z_K} = \frac{150}{0,784}$

$$I_{cc} = 191,3 \text{ A}$$

$$\hookrightarrow P_{dc} > 191,3 \text{ A}$$

et calibre : Courant nominal

$$I_N = \frac{U_{20}}{20 \text{ A}} = \frac{150}{20} = 7,5 \text{ A}$$

On pour l'essai en court circuit,
 on prend le courant nominal
 au secondaire

Donc calibre
 10 A

Devoir de Génie Electrique

Formulaire de GE seul autorisé.

Dans tout l'énoncé, on utilise les notations du cours.

Durée 2h.30

Questions de cours

1. Quelles sont les trois fonctions remplies par des fusibles placés dans un coffret terminal sur un récepteur de type « four à résistances » en régime de neutre TN ou TT avec prises de terre interconnectées ? Expliquer clairement.
2. Quelle couleur est utilisée pour le conducteur de protection PE dans une installation électrique ?
3. Quel est l'avantage d'utiliser un alliage d'Al plutôt que du cuivre pour réaliser une ligne de grande longueur ? Expliquer clairement en chiffrant le principal gain obtenu.
4. Quels sont les différents matériaux utilisés pour réaliser des résistances de chauffage ?

Mettre les réponses sur votre copie, dans l'ordre, sans ré-écrire les questions.

PROBLEME 1

Un transformateur monophasé de puissance nominale 3000VA, prévu pour être alimenté par le réseau EDF 230V à 50 Hz, est soumis aux essais usuels qui donnent les résultats ci-dessous :

Essai à vide sous 230V : on mesure $U_{20} = 150V$ $I_{10} = 2A$ $P_{10} = 100W$

Essai en court-circuit : on mesure 200W et 24V au primaire, en ayant 20A au secondaire.

Question 1 : Le transformateur est alimenté sous 230V à 50 Hz. Rapport de transformation ? Déterminer la résistance et la réactance de KAPP. En déduire la tension secondaire, dans le cas où la charge tire un courant de 15A sous un facteur de puissance de 0,6 ARRIERE.

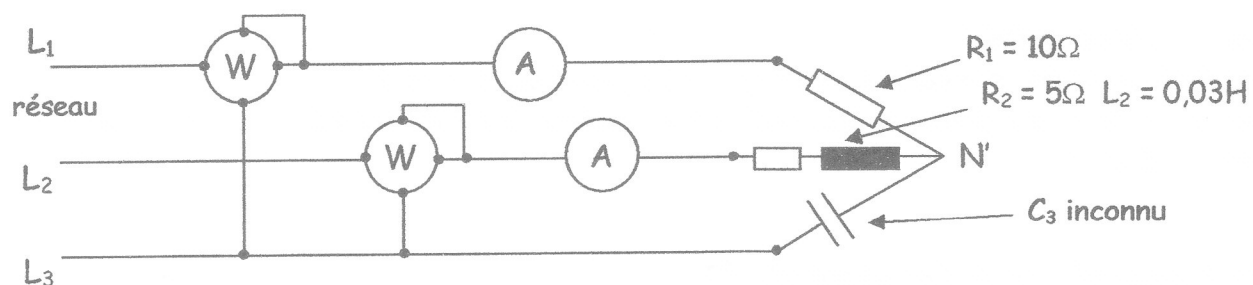
Valeur de la puissance active sur la charge et du rendement pour cette charge ?

Question 2 : Quels seraient le calibre et le Pouvoir de Coupure d'un disjoncteur placé en sortie de ce transformateur ?

(calibres normalisés en bas du verso)

PROBLEME 2

Soit un récepteur non équilibré alimenté par le réseau triphasé 3x400V - 50Hz comme indiqué sur le schéma ci-dessous.



Les parties 1 et 2 du problème sont indépendantes.

13h 30 → 14h → 16h

1. Les appareils de mesure indiquent :

Sur la phase 1, $\theta_1 = 6800W$ $I_1 = 20A$

Sur la phase 2, $\theta_2 = -1520W$ $I_2 = 16A$

Déduire de ces valeurs la puissance active côté réseau en expliquant clairement la méthode. Retrouver cette valeur en la calculant côté récepteurs. Commenter.

Pourrait-on en déduire une valeur du courant $\bar{I}_3$? Ecrire les trois équations à trois inconnues (à partir des mesures ci-dessus) qui permettraient de calculer son module et sa phase (sans les résoudre, mais en expliquant le déroulement du calcul).

Comment en déduirait-on la valeur de la capacité C_3 ? Expliquer le déroulement du calcul.

2. On connecte le neutre du réseau N au point N'. Calculer alors les courants (modules et phases) des phases 1 & 2.

On fera un calcul précis avec au moins 2 décimales en prenant $U=400V$ et non pas $V=230V$ qui est une valeur arrondie. On prendra la tension simple V_1 comme référence des phases.

En déduire la puissance active côté récepteurs.

Calculer les indications de chacun des wattmètres en expliquant clairement le calcul.

Commenter judicieusement !

PROBLEME 3

Soit une installation alimentée en $3 \times 400V - 50Hz$ depuis un poste de transformation par un câble tétrapolaire + terre. Le courant d'emploi du câble (tiré par les récepteurs) est estimé à $I_B = 180A$.

Transformateur

puissance nominale 1600kVA

tension à vide 410V (entre phases)

résistance de KAPP $R_K = 0,0014\Omega$

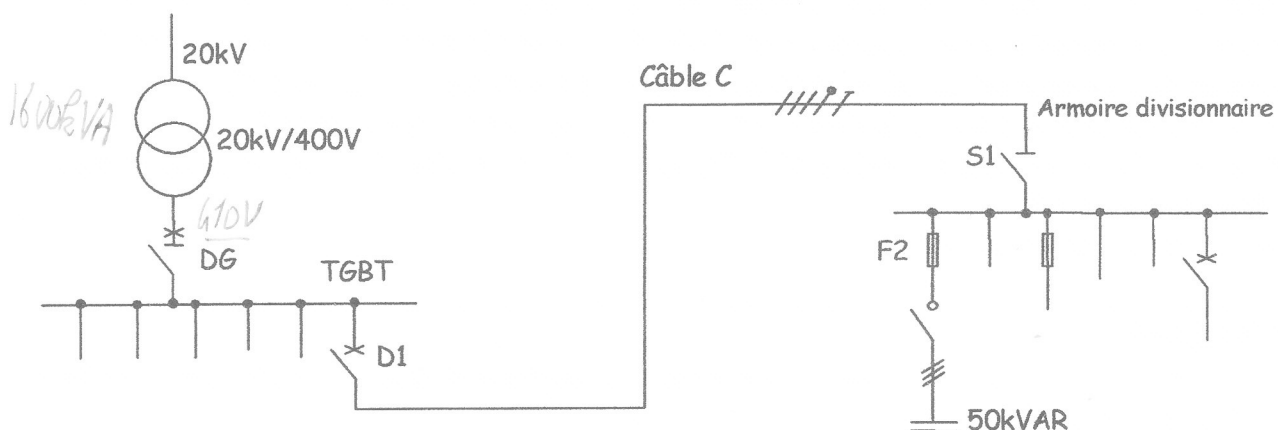
réactance de KAPP $X_K = 0,006\Omega$

Câble C en cuivre de $240mm^2$

courant maxi admissible $I_Z = 380A$

résistance $R_C = 0,01\Omega$

réactance $X_C = 0,02\Omega$



Question 1 : calibre de DG ?

Question 2 : Rôle de D1, son calibre, son réglage I_R , son PdC minimal ?

Question 3 : A l'armoire divisionnaire, quel est le calibre des fusibles F2 ? Leur PdC minimal (en détaillant le calcul) ?

Calibres normalisés en A des appareils BT :

0,1	0,15	0,2	0,32	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,5	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63
80	100	125	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2500	4000	6300								