

EXAMEN FINAL (SUJET) - 2015
CONCEPTION & DIMENSIONNEMENT
DES RESEAUX ELECTRIQUES INDUSTRIELS
ER40 – Haute tension

Durée : 2 heures

RECOMMANDATIONS GENERALES

Vérifier que le sujet comporte **14 pages**.

L'épreuve est à traiter obligatoirement sur ce sujet, aux endroits prévus à cet effet.

Le candidat utilisera les notations propres au sujet, présentera clairement ses calculs et encadrera les résultats attendus.

Le passage d'une forme littérale à son application numérique se fait dans le respect de la position de chaque grandeur exprimée. Le résultat numérique est donné avec son unité.

Le(s) correcteur(s) apprécie(nt) une copie soignée et rédigée lisiblement.

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses documents annexes, conduit le candidat à formuler une ou plusieurs hypothèses, il lui est demandé de la (ou les) mentionner explicitement dans sa copie.

Notation : Epreuve évaluée sur un total de 20points.

- 40% des points sont attribués à des questions de cours et TP (40 mn environ)
- 60% des points sont attribués aux exercices(1h20 mn) .

Coefficient de l'épreuve finale : 4

Matériel autorisé : Calculatrice de poche alphanumérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante. **UTILISATION DU TELEPHONE PORTABLE INTERDITE.**

NOM : _____

1ère partie : Questions de cours (8 points sur 20)

Le schéma unifilaire de l'annexe 1 représente l'alimentation en énergie électrique du Stade de France :

- Puissance installée : 17 MVA,
- 21 transformateurs HTA/BT,
- 4 alimentations sans interruption du type statique,
- 6 groupes électrogènes,
- 18 tableaux basse tension,
- 48 cellules HTA,
- 379 tableaux divisionnaires BT,
- 90 kilomètres de chemins de câbles,
- 500 kilomètres de câbles,
- 140 kilomètres de gaines.

/0,75

01/ A quel niveau de tension est alimenté le Stade de France ?



Dans quel domaine de tension se situe cette valeur ?



Qu'appelle-t-on « ouvrage de 3^{ème} catégorie » en distribution publique ?



/1,75

02/ Indiquer le type d'architecture de l'alimentation ERDF utilisé dans le schéma en annexe 1.



Quel en est l'intérêt ?



Pourquoi a-t-on choisi d'effectuer le comptage sur la partie haute tension ?



Dans quels cas ce type de comptage est-il obligatoire ?

/2,5

3/ On veut changer le câble de liaison entre le poste de livraison et le poste satellite Sud-Est. Citez les deux appareils à ouvrir qui isoleront le câble (repères et fonctions).



Ces deux appareils sont condamnables en manœuvre et en mise à la terre au moyen de clefs. Un point noir indique une clef présente (pas forcément prisonnière), un point blanc une clef absente et deux points (noir et blanc) une clef présente mais prisonnière en l'absence de la deuxième (un « zoom » est représenté en annexe 2). Indiquez les manœuvres à réaliser pour séparer le câble et le mettre à la terre.



Quels E.P.I. sont nécessaires pour réaliser ces manœuvres ?



La consignation effectuée, le chargé de consignation remet une attestation de consignation au chargé de travaux qui, après l'avoir signée également, va effectuer le changement du câble. Quel sont les titres d'habilitation de ces 2 personnes ?



/0,5

04/ L'unité fonctionnelle "protection transformateur" du parking P1 dispose de fusibles à percuteurs.

Pourquoi a-t-on pu choisir des fusibles et non un disjoncteur pour cette protection ?



Quel est le rôle des percuteurs ?



/0,5

05/ Quelle est la couleur (ou le type) du tarif auquel a souscrit le client (Stade de France) auprès de son fournisseur d'énergie ? Justifier.

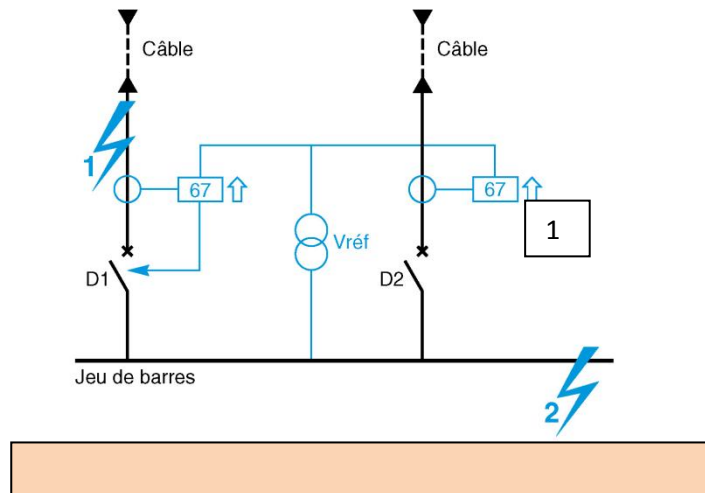


/0,5

06/ L'avantage d'un schéma de liaison à la terre HTA par impédance de compensation est de transformer un défaut fugitif en défaut auto-extincteur. Quels arguments peuvent valider cette affirmation ?

/1,5

07/ Quel (s) disjoncteur (s) protégera (ont) l'installation en cas de court-circuit repéré « 1 » ?
Quel (s) disjoncteur (s) protégera (ont) l'installation en cas de court-circuit repéré « 2 » ?
Comment s'appelle ce type de protection ? Quel en est le principe ?



- Défaut 1 :
- Défaut 2 :
- Type de protection :
- Principe :

**2^{ème} partie : Calcul de différents I_k avec la méthode des impédances (I_{k3})
puis la méthode des composantes symétriques (I_{k1}) sur le circuit
« transformateur parking 1 » (12 points sur 20)**

Le but est de déterminer les valeurs d' I_k au niveau du transformateur du parking P1.

La puissance du réseau 20kV en amont du transformateur est supposée égale à 500 MVA. On posera $R_{réseau} / X_{réseau} = 0,1$; $R_{réseau} = R_i = R_d = 0,9.R_o$ et $X_{réseau} = X_i = X_d = 0,9.X_o$.

Le transformateur de 800 kVA, Dyn11, a un U_{cc} de 6%.

On posera $R_o / R_{transfo} = 1$; $X_o / X_{transfo} = 0,9$; $R_{transfo} / X_{transfo} = 0,15$.

Pour cet exercice (et uniquement pour cet exercice), on négligera l'impédance du câble de liaison entre le bâtiment énergie et le poste HTA / BT « parking P1 ».

ON TRAVAILLERA AVEC UNE PRECISION DE 10^{-6}

/1,5

01/ Calculer l'impédance, la résistance et la réactance du réseau amont vues du secondaire du transformateur du parking P1 en utilisant la méthode détaillée des impédances.

$Z_{réseau} =$

$R_{réseau} =$

$X_{réseau} =$

/1,5

2/ Calculer l'impédance, la résistance et la réactance, vues du secondaire, du transformateur du parking P1 en utilisant la méthode détaillée des impédances.

$$Z_{\text{transfo}} =$$

$$R_{\text{transfo}} =$$

$$X_{\text{transfo}} =$$

/1,5

03/ Calculer le courant de court-circuit triphasé (I_{k3}) sur un défaut franc au secondaire du transformateur du parking P1 en utilisant la méthode détaillée des impédances (calcul de Z_{tot}).

$$I_{k3} =$$

/1,5

04/ Quels devraient être les pouvoirs de coupure et de fermeture d'un disjoncteur qui remplacerait les fusibles installés sur le primaire du transformateur du parking P1 (unité fonctionnelle D3).

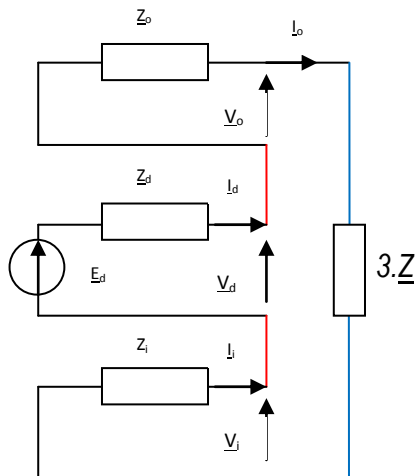
$$I_{k3} =$$

$$P_{dc} =$$

$$P_{df} =$$

/6

05/ Nous sommes en présence d'un défaut phase / terre type I_{k1} sur le primaire du transformateur du parking P1 (20 KV). L'impédance de court-circuit est de 20Ω . L'impédance de mise à la terre sur le transformateur 63 kV / 20 kV est de $60j \Omega$. On demande de calculer la valeur du courant de défaut avec la méthode des composantes symétriques. On rappelle le schéma monophasé équivalent d'un défaut type I_{k1} ci-dessous.



Rappel : L'impédance \underline{Z} englobe l'impédance de court-circuit ainsi que celle de la BPN.

On demande de calculer le courant de défaut nommé I_a après avoir calculé I_o , I_d et I_i . On calculera ensuite les 2 autres courants de ligne à l'aide de la transformation de Fortescue ainsi que la tension V_a aux bornes de l'impédance de court-circuit.

$$R_o =$$

$$X_o =$$

$$R_d =$$

$$X_d =$$

$$R_i =$$

$$X_i =$$

Résistance totale du circuit :

Réactance totale du circuit :

Impédance totale du circuit :

$$I_o =$$

$$I_d =$$

$$I_i =$$

$$I_{k1} = I_a =$$

$$V_a =$$

$$I_2 =$$

$$I_3 =$$

FORMULAIRE

Transformation de Fortescue	Transformation inverse
$\begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{V}_2 \\ \underline{V}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_0 \\ \underline{V}_d \\ \underline{V}_i \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \underline{V}_0 \\ \underline{V}_d \\ \underline{V}_i \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{V}_1 \\ \underline{V}_2 \\ \underline{V}_3 \end{bmatrix}$

Matrice des impédances :

$$\begin{bmatrix} \underline{Z}_o \\ \underline{Z}_d \\ \underline{Z}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{Z} + \underline{Z}' + \underline{Z}'' & 0 & 0 \\ 0 & \underline{Z} + a \cdot \underline{Z}' + a^2 \cdot \underline{Z}'' & 0 \\ 0 & 0 & \underline{Z} + a^2 \cdot \underline{Z}' + a \cdot \underline{Z}'' \end{bmatrix}$$

Réseau amont : $Z_{cc} = \frac{U_n^2}{S_{cc}}$; machine tournante : $Z = \frac{U_n^2}{S_n} \cdot U_{cc}(\%)$;

transformateur : $Z = \frac{U_n^2}{S_n} \cdot U_{cc}(\%)$; $S = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$

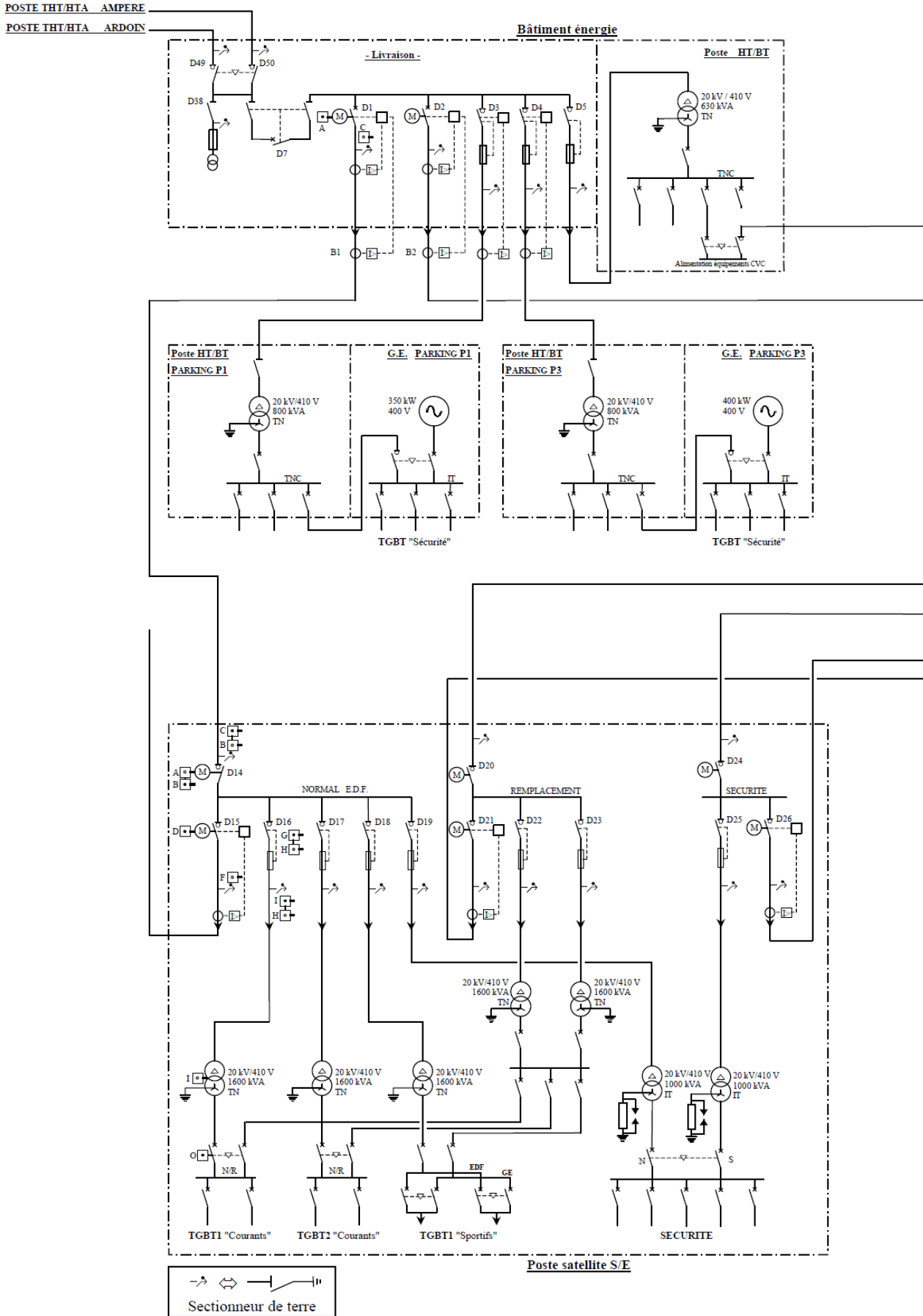
Rappel :

Coefficient de 2,5 entre court-circuit symétrique et asymétrique.

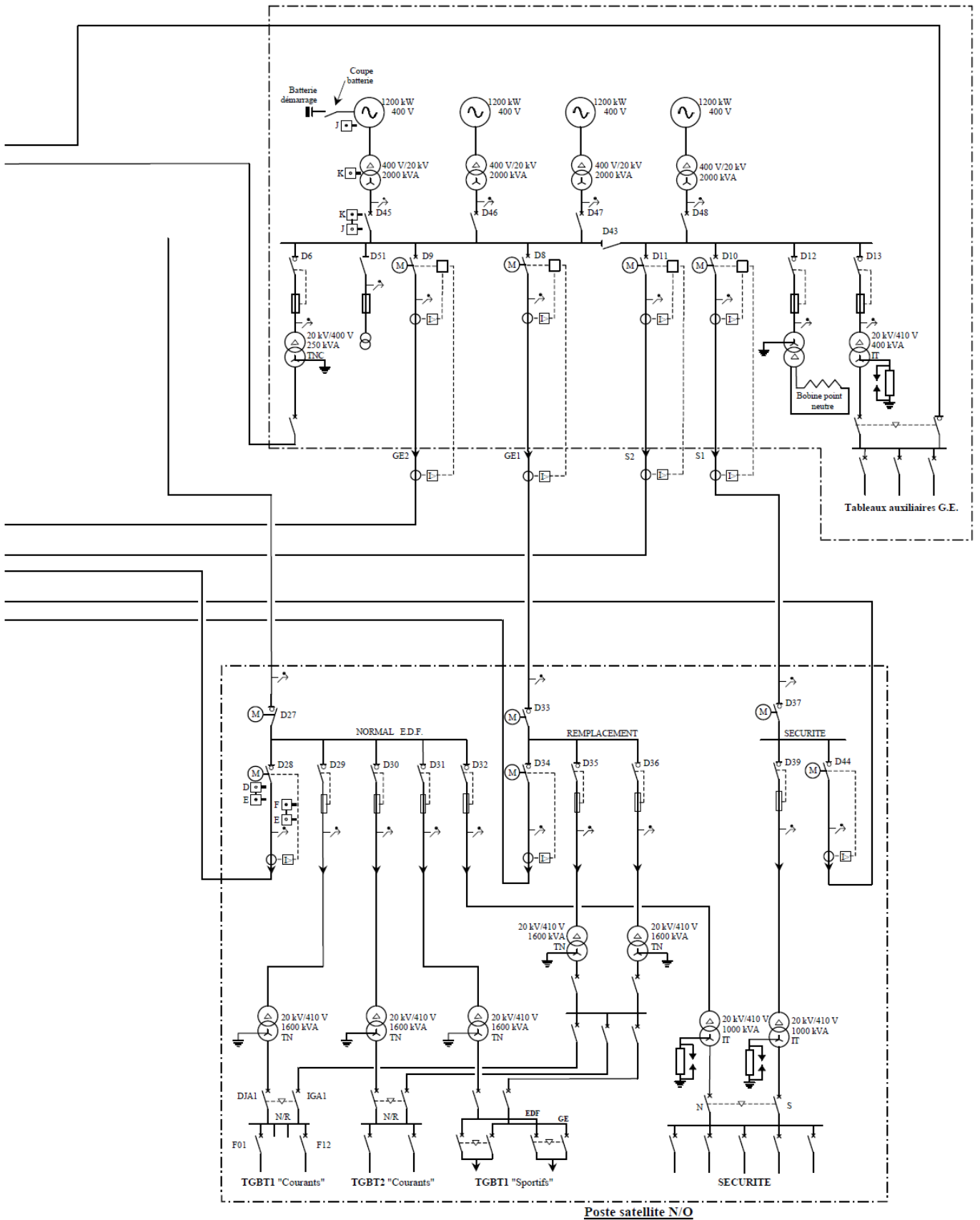
On ajoute 10% de tension pour le dimensionnement des disjoncteurs.

TYPE DE COURT-CIRCUIT	TYPE DE DÉFAUT	VALEUR COMPLEXE DU COURANT DE COURT-CIRCUIT	MODULE (VALEUR EFFICACE) DU COURANT DE COURT-CIRCUIT
Triphasé	Défaut impédant ou franc	$\underline{I}_{cc3} = \frac{E_d}{Z_d}$	$I_{cc3} = \frac{V}{ Z_d } = \frac{U}{ Z_d \cdot \sqrt{3}}$
Biphasé-terre	Défaut impédant	$\underline{I}_{cc2T} = \frac{-3 \cdot Z_i}{Z_d \cdot Z_i + (3 \cdot Z_0 + Z_d) \cdot (Z_d + Z_i)} \times E_d$	$I_{cc2T} = \frac{\sqrt{3} \cdot Z_i }{ Z_d \cdot Z_i + (3 \cdot Z_0 + Z_d) \cdot (Z_d + Z_i) } \times U$
	Défaut franc	$\underline{I}_{cc2T} = \frac{-3 \cdot Z_i}{Z_d \cdot Z_i + Z_i \cdot Z_0 + Z_0 \cdot Z_d} \times E_d$	$I_{cc2T} = \frac{\sqrt{3} \cdot Z_i }{ Z_d \cdot Z_i + Z_i \cdot Z_0 + Z_0 \cdot Z_d } \times U$
Biphasé isolé	Défaut impédant	$\underline{I}_{cc2} = \frac{3}{a^2 - a} \times \frac{E_d}{Z_d + Z_i + Z_c}$	$I_{cc2} = \frac{U}{ Z_d + Z_i + Z_c }$
	Défaut franc	$\underline{I}_{cc2} = \frac{3}{a^2 - a} \times \frac{E_d}{Z_d + Z_i}$	$I_{cc2} = \frac{U}{ Z_d + Z_i }$
Monophasé-terre	Défaut très impédant	$\underline{I}_{cc1T} = \frac{E_d}{Z}$	$I_{cc1T} = \frac{V}{ Z } = \frac{U}{ Z \cdot \sqrt{3}}$
	Défaut impédant	$\underline{I}_{cc1T} = \frac{3 \cdot E_d}{Z_0 + Z_d + Z_i + 3Z}$	$I_{cc1T} = \frac{3 \cdot V}{ Z_0 + Z_d + Z_i + 3Z } = \frac{\sqrt{3} \cdot U}{ Z_0 + Z_d + Z_i + 3Z }$
	Défaut franc	$\underline{I}_{cc1T} = \frac{3 \cdot E_d}{Z_0 + Z_d + Z_i}$	$I_{cc1T} = \frac{3 \cdot V}{ Z_0 + Z_d + Z_i } = \frac{\sqrt{3} \cdot U}{ Z_0 + Z_d + Z_i }$

ANNEXE 1



Centrale G.E. - Bâtiment énergie



ANNEXE 2

