BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

ELECTROTECHNIQUE

SESSION 2014

ÉPREUVE E4.2

Implantation et exploitation d'un parc éolien

CORRIGE

sitelec.org

PARTIE 1 : Analyse du problème en lien avec le disjoncteur.

1.1 Identifier le repère de ce disjoncteur :

Identifier le symbole du disjoncteur sur le dossier réponses puis donner le repère par lecture directe:

FG008 (page 6/8 du dossier technique)

1.2 Collecter les principales grandeurs électriques du transformateur :

Lecture directe du dossier technique page 7/8 pour extraire les données utiles.

Grandeurs électriques	Repères	Valeurs / Unités
Puissance apparente nominale	S_{rT}	**2 350 kVA**
Tension primaire nominale entre phase	U_{1n}	**20 000 V**
Courant primaire nominal en ligne	I_{1n}	**67,8 A**
Courant secondaire nominal en ligne	I_{2n}	**1 966,3 A**
Tension de court-circuit	U_{kr}	**9,83% ->** (9,83/100) ×20 000 = 1 966 V

1.3 Retrouver, par un calcul sur la copie, la valeur du courant nominal en ligne I_{2n} au secondaire du transformateur élévateur.

La génératrice, source de tension, délivre une tension U_{2n} de 690V entre phases. La valeur de la puissance apparente est donnée dans le tableau ci-avant.

$$I_{2n} = \frac{S_n}{\sqrt{3}.U_{2n}} = \frac{2350.10^3}{\sqrt{3}.690} = 1966{,}3\ \text{A}$$

1.4 Compléter le **document réponses** page 2/8 à partir du **dossier ressources** pages 3/10 et 4/10.

Repérer la colonne du disjoncteur *E2B 20 dans le* **dossier ressources** page 3/10*, puis lecture directe de I_{cu}, préciser l'unité en kA. Le courant* ininterrompu assigné à 40 °C est indiqué dans le texte et reporté dans le tableau.

Le courant ininterrompu assigné à 55 °C sera lu sur le **dossier ressources** page 4/10. On choisit la ligne pour E2B, E2N ou E2S (E2B/N/S) 20 avec le courant I_u qui est le courant ininterrompu assigné de 2000A. La colonne est choisie par lecture dans le texte, prises verticales, 55° ce qui donne 1800A.

Grandeurs	Valeurs / Unités
Pouvoir de coupure ultime I_{CU}	**42 kA**
Courant ininterrompu assigné à 40 °C	**2 000 A**
Courant ininterrompu assigné à 55 °C	**1 800 A**

1.5 Justifier que le disjoncteur avant modification ne convient pas dans les conditions de fonctionnement exigées.

steic.org

Le courant nominal du transformateur est de 1966 A. C'est également le courant « ininterrompu » qui traverse le disjoncteur. A 55°, le courant ne devrait pas dépasser 1800A et il convient donc de le remplacer (ou de ventiler ?…).

1.6. Compléter le tableau fourni dans le **dossier réponses** page 2/8. Les données collectées permettront de calculer la valeur efficace du courant de court-circuit présumé I_{k3max} apparaissant aux bornes du disjoncteur. *Ce calcul, question suivante, sera effectué à partir de la norme UTE C 15-500, voir **dossier ressources** page 2/10.*

Report des données de la question 1.2 plus lecture directe dans le ***dossier ressources*** *page 2/10. Le disjoncteur est inséré entre la génératrice et le transformateur. La génératrice, dans les conditions nominales, impose une tension de 690V entre phases.*

Données	Repères	Valeurs / Unités
Puissance apparente nominale ou puissance assignée du transformateur	S_{rT}	**2 350 kVA**
« Tension » de court-circuit du transformateur (sans unité)	U_{kr}	**9,83%**
Facteur de charge à vide	m	**1,05**
Facteur de tension	c_{max}	**1,05**
Tension nominale entre phase et neutre	U_0	**690/√3 = 400 V**
Tension nominale entre phases	U_n	**690 V**

1.7. Calculer puis indiquer sur votre copie la valeur I_{k3max}.

$$Z_T = \frac{(m.U_n)^2}{S_{rT}} \cdot \frac{U_{kr}}{100} = \frac{(1{,}05.690)^2}{2350} \cdot \frac{9{,}83}{100} = 21{,}95\,m\Omega$$

$$I_{k3max} = \frac{c_{max}.m.U_0}{Z_T} = \frac{1{,}05.1{,}05.400}{21{,}95} = 20{,}09\,kA$$

1.8 Proposer, en la justifiant, une référence ABB Emax d'un disjoncteur capable de répondre aux conditions de fonctionnement exigées.

Il faut s'assurer que le pouvoir de coupure ultime assigné en court circuit I_{cu} doit être supérieur au courant de court-circuit présumé I_{k3max}. $I_{cu} > I_{k3max}$? Le courant permanent admissible à 55° sera supérieur à 1966A.

On passe à un disjoncteur de type E3S/H/V 20 avec I_u=2000A. Puis le ***dossier ressources*** *page 2/10 montre que E3S convient avec* $I_{cu} = 75kA$.

ABB E3S 20 (2 000 A)

PARTIE 2 : CHOIX ET INSTALLATION DE PARAFOUDRES SUR LE RESEAU BT D'UNE ÉOLIENNE.

sitelec.org

2.1. Le schéma de liaison à la terre (SLT) dans la nacelle est un TN-C, voir le **dossier ressources** page 5/10. Indiquer la tension d'utilisation maximale U_c que devront supporter les parafoudres SPD-A ou SPD-B.

SLT : les masses (carcasses) métalliques sont reliées au neutre de l'installation. Ainsi les parafoudres sont placés entre une phase et le neutre.

$U_c = 400V$

2.2. Choisir puis reporter les références des parafoudres sur la page 3/8 du **dossier réponses**. Préciser leurs caractéristiques principales par rapport *aux niveaux d'exigences retenus par le bureau d'étude* (**dossier questionnement** page 3/6). Voir le **dossier ressources** pages 6/10 et 7/10.

Repère du parafoudre	Type de parafoudre	Références	Caractéristiques principales
SPD-A	**1**	**DEHNbloc Maxi DBM 1 440 FM** **961 145**	$U_c = 400V$ ($<440\ V$)
			On veut $I_{imp} > 20kA$ (< 35kA)
			On veut $U_p < 2000V$ (< 2,5kV)
			contact de télésignalisation
SPD-B	**2**	**DEHNgard M TNC 440 FM** **952308**	$U_c = 400V$ $<440\ V$
			On veut $I_n > 15kA$ (< 20kA)
			On veut $U_p \leq 2000V$ (2,0kV)

2.3. Déterminer les calibres et les types des fusibles des déconnecteurs D-A et D-B associés respectivement aux parafoudres SPD-A et SPD-B. Le temps de réponse t_a du fusible D-A ne devra pas excéder 200 ms. Reporter les résultats dans le tableau ci-après.

sitelec.org

Par lecture directe de la ligne « Fusible amont … $t_a \leq 0{,}2s$ » pour D-A et « Protection max. contre les surintensités » pour D-B (pages 6/10 et 7/10):

Repère du déconnecteur	Calibre maximal des fusibles préconisé par le constructeur	Type de fusible
D-A	500 A	gL/gG
D-B	125 A	gL/gG

2.4. Choisir des fusibles à couteaux qui seront munis de percuteurs. Ils seront associés aux interrupteurs-sectionneurs choisis à la question suivante. Reporter les données demandées et la référence dans le tableau ci-après.

Repère du déconnecteur	Calibre et type	Taille		Références
D-A	500A gG	Choix 1 :	2	6872 0500
		Choix 2 :	3	6882 0500
		Choix 3 :	4	6896 0500
D-B	125A gG	Choix 1 :	0	6852 0125
		Choix 2 :	1	6862 0125
		Choix 3 :	2	6872 0125

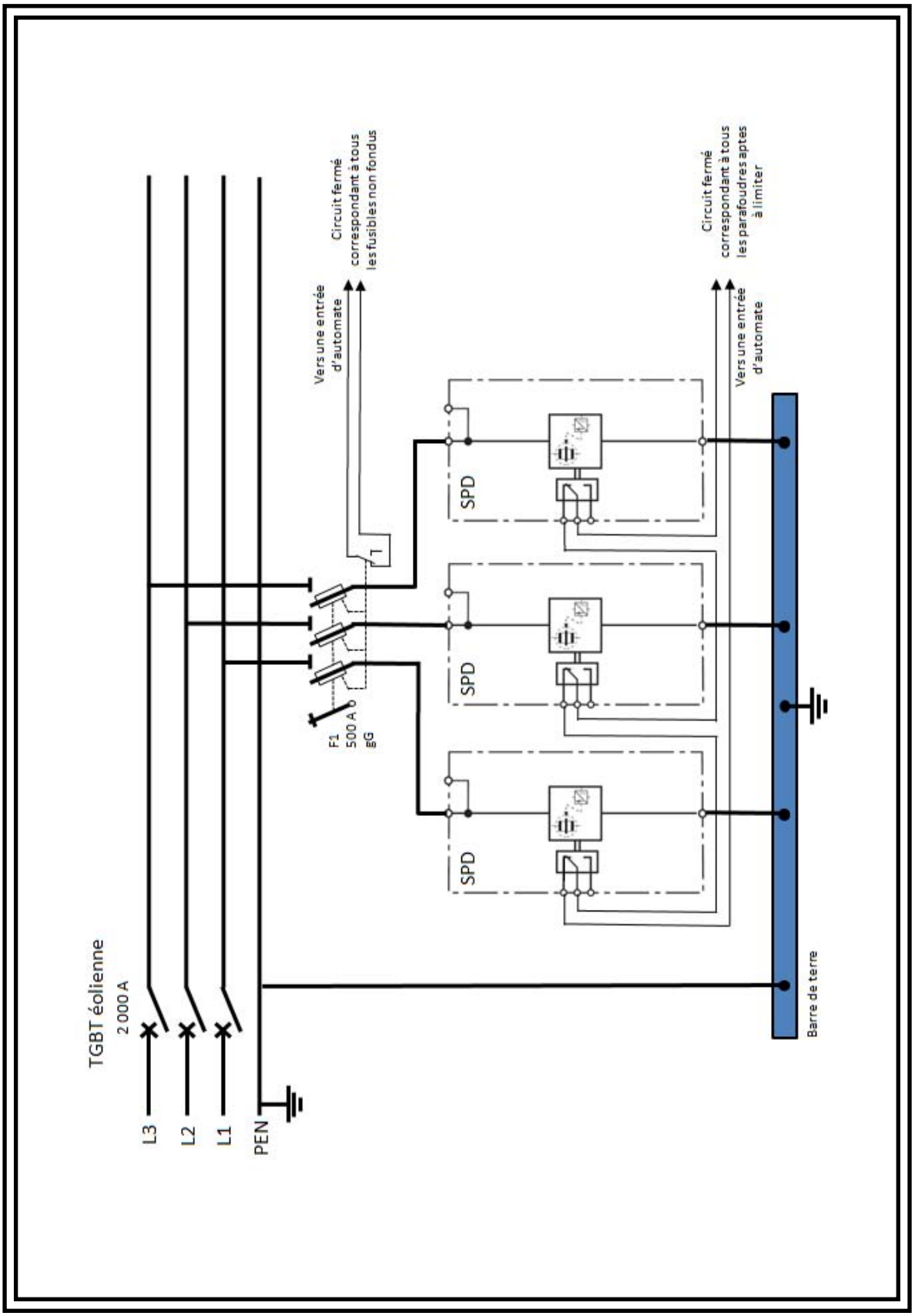
2.5. Choisir les interrupteurs-sectionneurs à fusibles correspondant aux déconnecteurs D-A et D-B ainsi que le contact auxiliaire de signalisation de fusion. Reporter les données demandées et la référence dans le **dossier réponses** page 4/8. Voir le **dossier ressources** pages 9/10 et 10/10.

Repère du déconnecteur	Référence Fusible à couteaux	Calibre	Références du bloc interrupteur-sectionneur pour fusibles	Références des contacts auxiliaires de signalisation de fusion des fusibles
D-A	6882 0500	630A	GS2 S3	GS2 AF63
D-B	6852 0125	160A	GS1 LD3	GS1 AF33

2.6. Compléter le schéma de mise en œuvre du parafoudre SPD-A et de son déconnecteur D-A sur le **dossier réponses** page 4/8. Le choix des contacts, raccordés aux entrées de l'automate, peut être « normalement ouvert (NO) » ou « normalement fermé (NF) ». Vous justifierez votre choix sur votre copie.

L'information « au moins un des parafoudres a détecté un défaut » peut se réaliser avec trois contacts NO en parallèle (« 1 » est un défaut) ou avec la mise en série de trois contacts NF (« 0 » est un défaut). Il est préférable de prendre un NF pour les deux types d'information envoyés vers l'automate : un fil mal raccordé à l'automate sera ainsi vu comme un défaut.

sterc.org


TGBT éolienne
2 000 A
L3
L2
L1
PEN
F1
500 A
gG
Vers une entrée d'automate
Circuit fermé correspondant à tous les fusibles non fondus
SPD
SPD
SPD
Vers une entrée d'automate
Circuit fermé correspondant à tous les parafoudres aptes à limiter
Barre de terre

PARTIE 3 : Rédaction d'une fiche de consignation/déconsignation des cellules HTA du filtre bouchon.

3.1 Rédiger les étapes successives nécessaires à la consignation, puis à la déconsignation des trois cellules PLD-1, PLD-2 et Départ éolienne dans le but de permettre à un technicien de maintenance d'accéder en toute sécurité au filtre passif.

PARC EOLIEN DE RAMPONT 1
PDL

PROCEDURE DE CONSIGNATION DES CELLULES FILTRE

Cegelec

Pour effectuer ces manoeuvres il faut se munir d'equipement de securite (casque, gants, tabouret isolantet écran facial)
Seul le personnel habilite peut intervenir sur les installations

CONSIGNATION ET ACCES A LA CELLULE

1°) Arreter les eoliennes 1-2-3-4-5-6

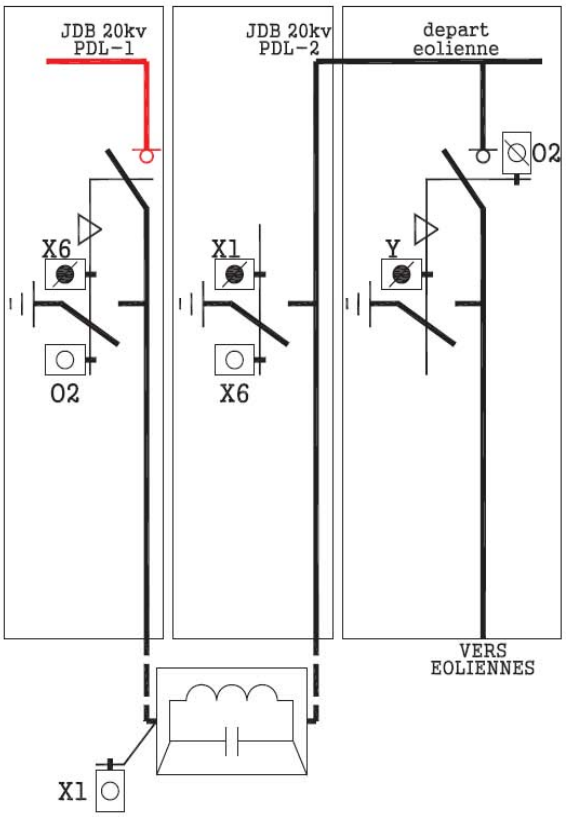
Poste de livraison
2°) Ouvrir l'interrupteur de la cellule depart eolienne
3°) Recuperer la cle O2
4°) Ouvrir l'interrupteur de la cellule PDL-1
5°) Inserer la cle O2 dans le sectionneur de terre PDL-1
6°) Fermer le sectionneur de terre PDL-1
7°) Recuperer la cle X6
8°) Inserer la cle X6 dans le sectionneur de terre PDL-2
9°) Fermer le sectionneur de terre PDL-2
10°) Recuperer la cle X1
11°) Inserer la cle X1 dans la serrue de la porte du filtre
12°) Acces aux tetes HT du filtre

13°) Consignation par cadenas
14°) V.A.T.

DECONSIGNATION

Poste de livraison
1°) Refermer la porte du filtre
2°) Recuperer la cle X1
3°) Inserer la cle X1 dans le sectionneur de terre PDL-2
4°) Ouvrir le sectionneur de terre PDL-2
5°) Recuperer la cle X6
6°) Inserer la cle X6 dans le sectionneur de terre PDL-1
7°) Ouvrir le sectionneur de terre PDL-1
8°) Recuperer la cle O2
9°) Inserer la cle O2 dans l'interrupteur depart eolienne
10°) Fermer l'interrupteur de la cellule PDL-1
11°) Fermer l'interrupteur de la cellule depart eolienne

12°) Remettre en marche les eolienne 1-2-3-4-5-6



LEGENDE SERRURE :
- Cle absente
- Cle libre
- Cle prisionnière

N° de serie des cles

O2: 1228722
Y: 1228713
X1: 1221234
X6: 1225710

3.2 Définir le titre d'habilitation que devra posséder la personne qui effectue les opérations de consignation/déconsignation.

Titre d'habillitation : HC

3.3 Au cours d'une procédure de consignation, lorsque la séparation et la condamnation sont terminées, définir les opérations qu'il reste à effectuer avant de d'avoir accéder en toute sécurité au filtre passif.

1. **Séparer ;**
2. **Condamner ;**
3. **Identifier ;**
4. **Vérifier l'absence de tension électrique ;**
5. **Mettre à la terre et en court-circuit.**

sitelec.org

PARTIE 4 : Calcul de la rentabilité économique des solutions implantées.

4.1 Compléter le tableau fourni sur le **dossier réponses** page 7/8 afin de déterminer le manque à gagner sur une période de **12** mois à compter du 01 février 2011.

On attend de la rigueur dans l'étude car le **dossier technique** page 8/8 est donné sur 15 mois.

Evaluation des pertes de production annuelles dues aux arrêts de l'éolienne n°6

Du 01/02/2011 au 31/01/2012

Nombre de jours d'arrêt suite à un défaut du relais de surveillance cellule HTA sur la période observée	10,76	jours
Nombre d'arrêts suite à un défaut du disjoncteur général BT sur la période observée	4,25	jours
Nombre de jours d'arrêt de production de l'éolienne sur la période observée	15,01	jours
Nombre d'heures de non production de l'éolienne sur la période observée	15,01*24 360,24	h
Puissance nominale d'une éolienne G90 : P_n	**2**	MW
On suppose que l'éolienne fonctionne à 20% de la puissance nominale en moyenne sur une année	**400**	KW
Pertes de production sur la période observée	144 100	KWh
Coût de rachat de l'énergie éolienne produite	**8,2**	*c€ HT/KWh*

Manque à gagner sur la période du 01/09/2011 au 31/01/2012	11 816	*€ HT/an*

sitelec.org

4.2. Compléter le tableau fourni sur le **dossier réponses** page 8/8 afin de déterminer le coût, sur une période de **12** mois, des interventions du technicien.

Evaluation des coûts d'intervention lors des arrêts de l'éolienne n°6			
Du 01/02/2011 au 31/01/2012			
Intervention suite défaut disjoncteur général BT	Durée (h)	Taux horaire (*€ HT/h*)	Coût (*€ HT*)
Déplacement sur le site (aller/retour)	1,5	76	114
Accès à la nacelle et « dépannage »	1		76
Redémarrage de l'éolienne	0,5		38
Coût d'une intervention (*€ HT*)			228
Coût des interventions (*€ HT/an*) sur la période observée			4x228 = 912

Intervention suite défaut relais de surveillance	Durée (h)	Taux horaire (*€ HT/h*)	Coût (*€ HT*)
Déplacement sur le site (aller/retour)	1,5	76	114
Arrêt et consignation de l'éolienne	0,75		57
Démontage et remplacement du relais	1		76
Déconsignation de l'éolienne	0,5		38
Redémarrage de l'éolienne	0,5		38
Coût de l'intervention (*€ HT*)			323
Forfait réparation d'un relais (*€ HT*)			646
Coût des interventions (*€ HT/an*) sur la période observée			(323+646)x8=7752

siteleg.org

4.3. Faire une analyse rapide entre le 01 février **2010** et le 31 janvier **2012** des coûts pour justifier, sur votre copie, que l'investissement est « rentabilisé » *au bout d'environ 7 mois.*

Observation des pannes entre le	Coût estimé
01 février 2010 et le 31 janvier 2011	18000 *€ hors taxe (HT).*

En moyenne, on dépense 18000/12= 1500 *€ HT par mois sans procéder aux modifications.*

Le cout de l'investissement se porte à 10 339 *€ HT mais il n'y a plus d'arrêt de la production.*

10339/1500= 6,9

Au bout d'environ 7 mois, le gérant a amorti son investissement.

sitelec.org