

## Éléments de correction Épreuve 101 d'admissibilité

### PARTIE A – VÉRIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES DU POSTE DE LIVRAISON HTA

#### A.1. Réalimentation du poste HTA suite à un incident sur le réseau public

**A.1.1 Relever** le nom du poste source qui alimente les bâtiments du siège d'Eiffage et **préciser** le numéro du départ.

Poste source de Lyon Perrache, départ C27.

**A.1.2 Préciser** la structure d'alimentation utilisée par le distributeur d'énergie.

Structure d'alimentation en boucle ouverte ou coupure d'artère

**A.1.3 Justifier** la pertinence de ce choix au regard de la situation et de la fonction des bâtiments du siège d'Eiffage.

Nous sommes en zone urbaine, réseau enterré. Ce bâtiment à usage tertiaire ne nécessite pas un traitement spécial afin d'accroître sa continuité de service.

**A.1.4 Justifier** la nécessité pour le personnel d'Enedis d'avoir accès au poste de livraison du bâtiment.

Le poste est privé, mais les deux cellules interruptrices permettent la conduite du réseau et doivent pouvoir être manœuvrées localement par le personnel d'Enedis.

**A.1.5 Établir** la séquence la plus pertinente afin de remettre en énergie les bâtiments du groupe Eiffage.

**DR A1** – Exploitation de la structure d'alimentation HTA

**Compléter le tableau suivant, on adoptera les conventions suivantes :**

D ou IS Fermé : F                      D ou IS Ouvert : O

Bâtiment Alimenté : BA

Bâtiment Non Alimenté : BNA

	D 1	I S 1	I S 2	IS 2253	IS 2171	I S 3	I S 4	Bâtiment 1	Bâtiments Eiffage	Bâtiment 2
Etat initial	F	F	F	F	F	F	O	BA	BA	BA
Apparition de la coupure accidentelle	O	F	F	F	F	F	O	BNA	BNA	BNA
1 <sup>ère</sup> manœuvre	O	F	O	F	F	F	O	BNA	BNA	BNA
2 <sup>ème</sup> manœuvre	F	F	O	F	F	F	O	BA	BNA	BNA
3 <sup>ème</sup> manœuvre	F	F	O	O	F	F	O	BA	BNA	BNA
4 <sup>ème</sup> manœuvre	F	F	O	O	F	F	F	BA	BA	BA

#### A.2. Vérification du dimensionnement des cellules du poste HTA

**A.2.1 Lister** les critères de choix des cellules du poste de transformation.

La fonction, la tension assignée, l'intensité nominale, le courant de courte durée admissible pendant 1s.

**A.2.2 Calculer** le courant nominal en amont du transformateur InHT. (

$$I_{nHT} = S / \sqrt{3} = 36 \text{ A}$$

**A.2.3 Calculer** le courant de court-circuit en amont du transformateur  $I_{ccHT}$ .

$$I_{ccHT} = S_{cc} / \sqrt{3} = 14.4 \text{ kA}$$

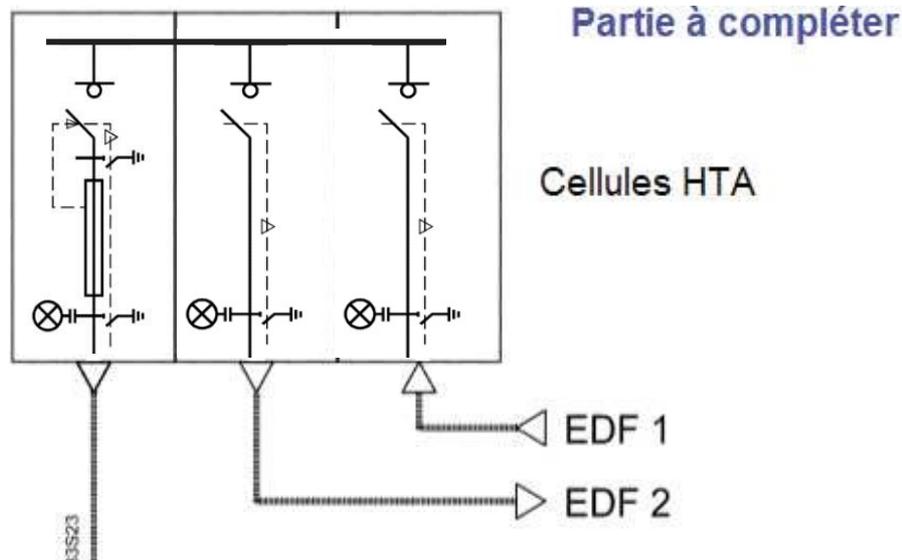
**A.2.4 Donner** la référence complète de chaque cellule.

2 cellules d'arrivée IS-24-400-16

1 cellule de protection du transformateur PFA-24-400-16 (PFA-24-200-16 acceptée)

**A.2.5 Établir** le schéma HTA unifilaire du poste de transformation.

DR A2 – Schéma du poste de transformation



**A.3. Vérification du choix de la protection du transformateur**

**A.3.1 Indiquer** si la technologie employée justifie la présence d'un DGPT2, **préciser** les protections intégrées dans ce dispositif.

Oui, le transformateur est immergé et intégré dans le bâtiment.

DGPT2 : Détection Gaz, Pression et 2 seuils de Température

**A.3.2 Choisir** le calibre du fusible pour la protection amont du transformateur d'après le document constructeur **DTR11**.

63 A

**A.3.3 Vérifier** que le calibre choisi à la question précédente respecte les conditions suivantes à l'aide des documents **DTR11** et **DTR12**.

$$U_{rf} > U_r \quad I_l > I_{kr} \quad I_{rf} > 1,4 I_{rt} \quad I_{min. \text{ fusion-fusible}} > X \cdot I_{rt}$$

On prendra  $X_{transfo} = 8$  et  $T$  (ou  $t_0$ ) = 0,35 s pour un transformateur de 1250 kVA.

$$24 \text{ kV} > 20 \text{ kV} \text{ donc } U_{rf} > U_r$$

$$30 \text{ kA} > I_{kr} \text{ avec } I_{kr} = S_{cc} / \sqrt{3} = 14,4 \text{ kA}$$

$$63 \text{ A} > 1,4 \times I_{rt} \text{ avec } I_{rt} = S / \sqrt{3} = 36 \text{ A} \text{ soit } 1,4 I_{rt} = 50,4 \text{ A}$$

$$400 \text{ A (I}_{fusion \text{ fusible } 63 \text{ A en } 0,3 \text{ s})} > 288 \text{ A (} X_{transfo} \times I_{rt} = 8 \times 36)$$

**A.4. Vérification de la coordination des protections**

**A.4.1 Justifier** le choix de ce disjoncteur au regard de la puissance nominale du transformateur.

$$I_{ntransfo} = S / \sqrt{3} = 1804 \text{ A} \text{ un calibre disjoncteur de } 2000 \text{ A} \text{ est approprié}$$

**A.4.2 Justifier** le réglage thermique (ou Long Retard)  $I_r$  du disjoncteur.

0,9 In disjoncteur = 1800 A le réglage thermique ( $I_r$ ) est réglé sur In transfo

**A.4.3 Calculer** le réglage magnétique (ou seuil instantané)  $I_{sd}$  du disjoncteur

$I_{sd} = 10 I_r = 18 \text{ kA}$

**A.4.4 Surligner** sur la caractéristique présente sur le document réponse la courbe de déclenchement du disjoncteur en tenant compte des réglages précédents.

Réponse sur le document DR A3 voir question A.4.6

**A.4.5** Dans le tableau du document DR A4, **transposer** la courbe de fusion d'un fusible HTA Soléfuse de 63 A, et son courant ramenée au secondaire du transformateur.

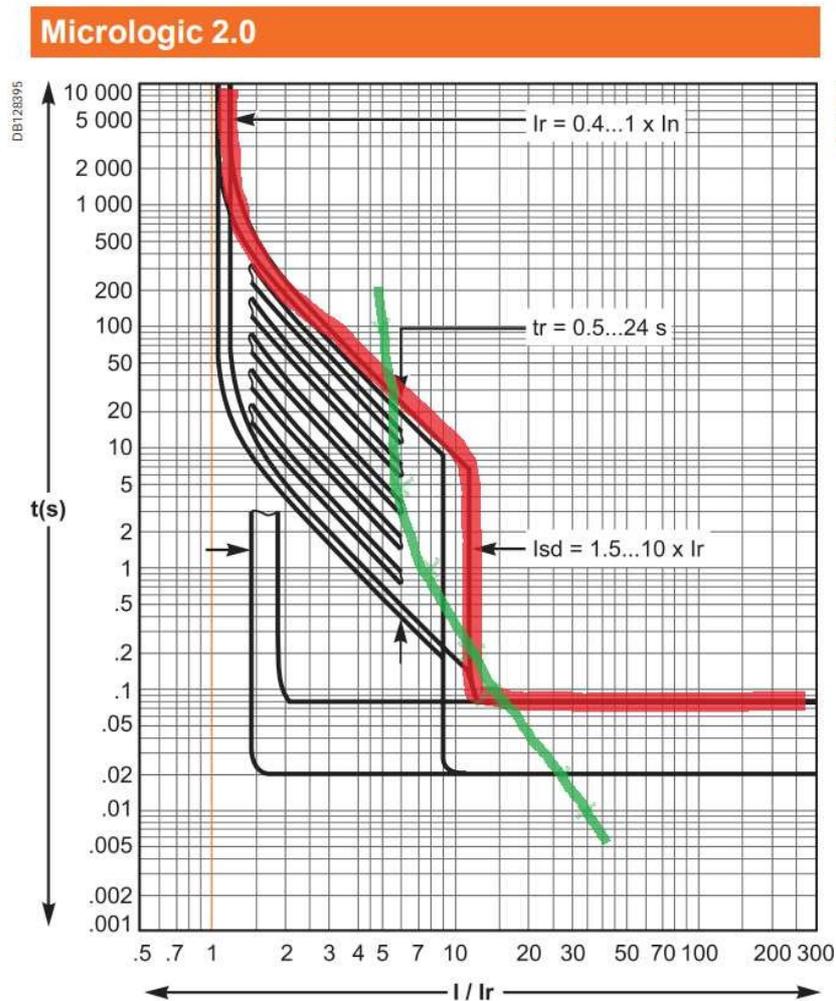
On utilisera le rapport de transformation  $m$ , calculé avec  $U_{pri} = 20 \text{ kV}$  et  $U_{sec} = 410 \text{ V}$

**DR A4** – Tableau temps de fusion / courants du fusible Soléfuse 63A

Temps de fusion du fusible HTA en secondes	0,01	0,1	1	5	10	100
Courant au primaire du transformateur en A	1300	540	300	220	200	180
Courant vu coté secondaire en kA	63,4	26,3	14,6	10,7	9,7	8,8
Courant vu coté secondaire en multiple de $I_r$ ( $I/I_r$ )	35,2	14,6	8,1	5,9	5,4	4,9

**A.4.6 Tracer** la courbe de fusion du fusible 63A ramenée au secondaire du transformateur sur la courbe de déclenchement du Micrologic 2.0.

DR A3 – Courbe de déclenchement pour l'unité de contrôle Micrologic 2.0  
**Déclencheurs électroniques Micrologic**



**A.4.7 Conclure** sur la coordination des protections amont / aval du transformateur de distribution HTA/BT, **proposer** si besoin une modification.

La courbe de fusion du fusible croise celle du disjoncteur ce qui indique une absence de sélectivité entre ces deux appareils de protection.

Il convient de modifier la temporisation du thermique, il est également préférable, bien que pas indispensable, de baisser le réglage magnétique du disjoncteur.

Exemple de solutions :  $t_r = 0,5 \text{ s}$   $I_{sd} = 7I_r$

## PARTIE B – BILAN DES PUISSANCES - CHOIX DU TRANSFORMATEUR

### B.1. Bilan des puissances installées

**B.1.1 Déterminer** le bilan des puissances installées du TGBT Hélianthe.

#### DR B1 – Bilan des puissances du TGBT Hélianthe

$P_{\text{foisonnée}} = k_u \times k_s \times P$	Quantité	P(kW)	Ku	Ks	P. foisonnée (kW)	Cos( $\varphi$ )	Q (KVAr)
<b>Armoire Eclairage</b>					<b>1.8</b>	<b>0.93</b>	<b>0.71</b>
<b>Armoire divisionnaire</b>					<b>92</b>	<b>0.96</b>	<b>26.8</b>
<b>Armoire Alimentation</b>							
Alimentation porte auto-RDC	2	1	0.5	1	1	1	0
Alimentation tourniquet-RDC	3	1	0.5	1	1.5	1	0
Ascenseur E4-800Kg	1	6.9	1	1	6.9	0.8	5.2
Ascenseur E5=800Kg	1	6.9	1	1	6.9	0.8	5.2
Ascenseur E2-800Kg	1	8	1	1	8	0.8	6
Alimentation centrale technique d'air	1	55	0.8	1	44	0.7	44.9
Alimentation armoire cuisine	1	117.32	1	1	117.32	0.87	66.3
Alimentation onduleur VDI	1	162.00	1	1	162	0.8	121.5
Alimentation TGS E1	1	13.4	1	1	13.4	0.8	10
Armoire de climatisation eau glacée	1	2.850	0.5	1	1.425	1	0
Ventilateur Local TGS E1	1	0.3	0.5	1	0.15	1	0
Climatiseur local TGS E1	1	2.5	0.5	1	1.25	1	0
<b>Totaux Armoire Alimentation</b>					<b>457.6</b>		<b>286.6</b>

**B.1.2 Compléter** le bilan des puissances de l'ensemble Eolis-Hélianthe en complétant le document réponse DR B2.

#### DR B2 – Bilan des puissances de l'ensemble des bâtiments-TGBT Eolis-Hélianthe

	P (kW)	cos	Q (kVAr)
Armoire Eclairage	3.1	0.93	1.22
Armoires divisionnaires	120	0.91	54.7
Armoire alimentation	511	0.85	316.7
TGBT Hélianthe	228.8		143.3
Totaux	862.9	0.858	515.9

## B.2. Choix d'une batterie de compensation

### B.2.1 Justifier la mise en place d'une compensation de l'énergie réactive.

Enedis facture un dépassement d'énergie réactive  $\tan \Sigma 0.4$  soit  $\cos \phi = 0.955$  au secondaire du transformateur.

D'après les calculs précédents le  $\cos \phi = 0.858 < 0.955$  ce qui justifie la mise en place d'une compensation de l'énergie réactive pour éviter des pénalités.

### B.2.2 Citer les avantages de la compensation de l'énergie réactive.

Baisse de l'énergie électrique consommée, donc une économie sur la facture d'électricité en compensant l'énergie réactive excessive.

Augmentation de la puissance apparente disponible notamment au secondaire du transformateur.

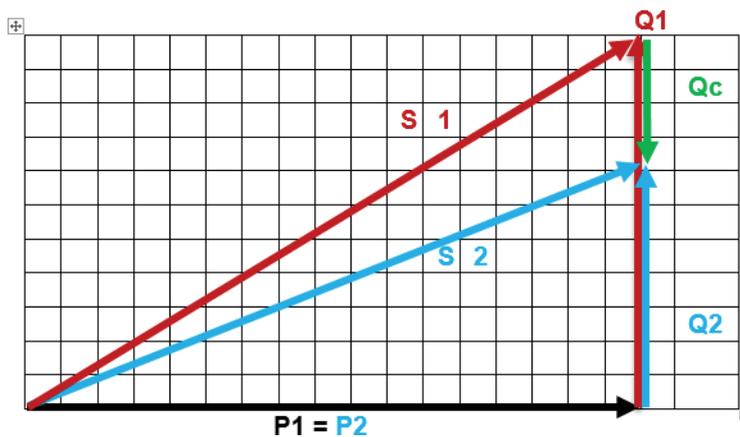
Économie sur le dimensionnement des équipements électriques (section des câbles, puissance du transformateur HTA/BT).

### B.2.3 Tracer le diagramme des puissances. Préciser sur ce diagramme les puissances actives, réactives et apparentes avant compensation ( $P_1$ , $Q_1$ , $S_1$ ) et après compensation ( $P_2$ , $Q_2$ , $S_2$ ) en complétant le document réponse DR B3. (4 pts)

**DR B3** – Diagramme des puissances

Échelle: 1 carreau = 50 k

$P_1 = 900$  kW  
 $Q_1 = 550$  kVar  
 $\cos \phi_1 = 0.853$



### B.2.4 Déterminer la puissance réactive $Q_c$ à injecter au niveau TGBT Eolis.

$$Q_c = (Q_1 - Q_2) = P \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) = 900 \times 10^3 \times (0.61 - 0.4) = 190.7 \text{ kVar}$$

### B.2.5 Justifier le choix du mode de compensation à adopter.

On calcule le rapport :  $Q_c/S_n = (200 \times 10^3)/(1250 \times 10^3) = 0.16 \leq 15\%$ , c'est que justifie le choix d'une compensation automatique. Le taux d'harmoniques étant inférieur à  $15\% = S_h/S_n = (80 \times 10^3)/(1250 \times 10^3) = 0.064$  soit  $6.4\%$ , on choisira une batterie de condensateurs de type S standard

**B.2.6 Indiquer** la référence de la batterie de condensateurs et le nombre de gradins.

Référence batterie : M20040, Qc=200 kVar, nombre de gradins 3 : (50+2x75).

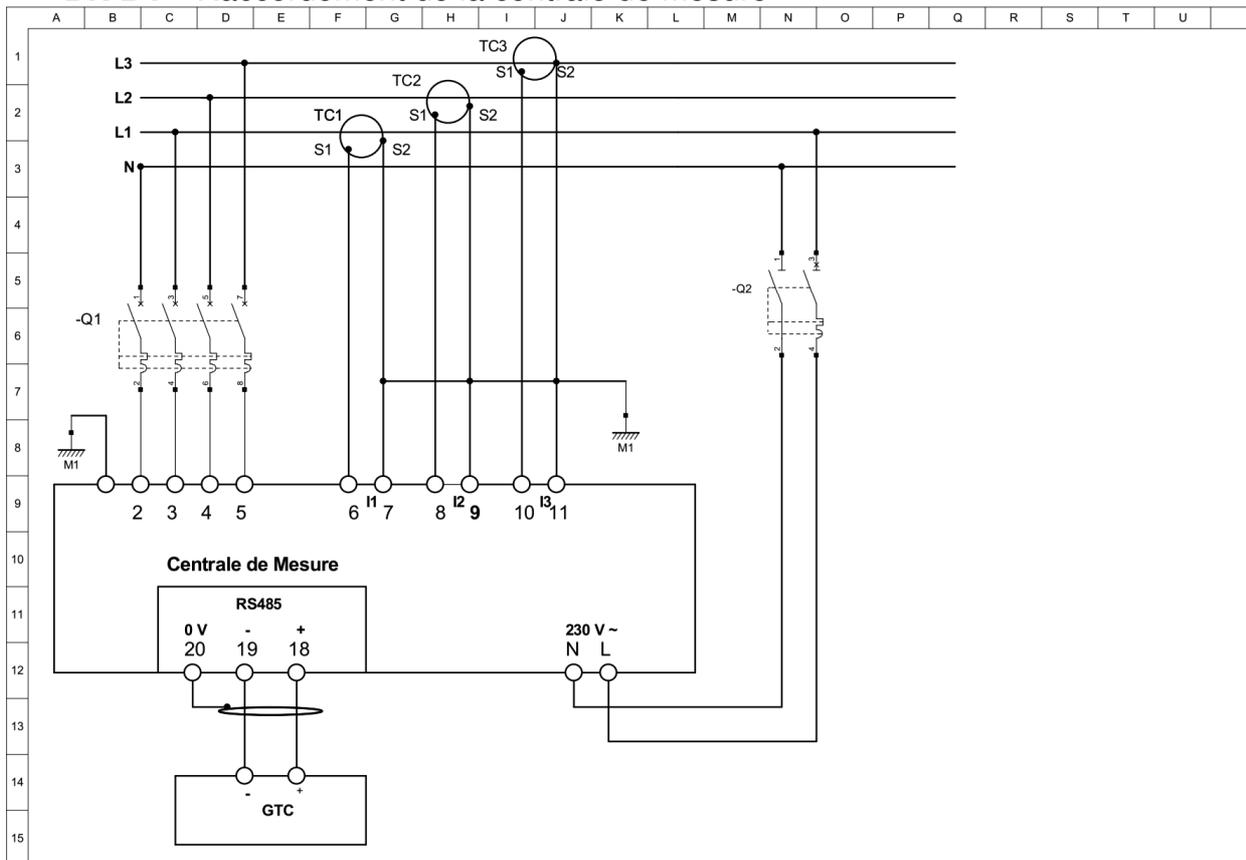
**B.3. Choix d'une centrale de mesure**

**B.3.1 Choisir** la centrale de mesure dans la gamme ENERIUM 150, sachant qu'elle est alimentée en 230V AC et utilisant le protocole RS485/Modbus, classe de précision 0.5 s, équipée de deux sorties TOR et installée en milieu perturbé.

**ENERIUM 150- RS485 P01330811**

**B.3.2 Compléter** le schéma de raccordement de la centrale

**DR B4 – Raccordement de la centrale de mesure**



**B.3.3 Justifier** la particularité du câble assurant la liaison centrale de mesure à la GTC.

Câble blindé pour la protection contre les perturbations électromagnétiques.

**B.4. Validation de la puissance du transformateur**

**B.4.1 Calculer** la puissance apparente d'utilisation, en reprenant les valeurs données à la question B.2. et en intégrant la batterie de condensateurs.

$$S_T = \sqrt{(P_T^2 + Q_T^2)} = \sqrt{(900^2 + 350^2)} = 1055 \text{ kVA}$$

**B.4.2 Valider** la puissance du transformateur.

La puissance normalisée supérieure à 1055 kVA est 1250 KVA.

## PARTIE C – PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE

### C.1 . Vérification du champ solaire de façade.

**C.1.1 Expliquer** la fonction d'une casquette bioclimatique.

Les casquettes protègent en été les bureaux du soleil grâce à l'ombre qu'elle génère, ce qui permet d'apporter de la fraîcheur. À l'inverse, en hiver, le soleil étant plus bas, ses rayons passent sous la casquette et apportent de la chaleur.

**C.1.2 Calculer** le nombre de panneaux photovoltaïques qu'il est possible d'installer sur chaque casquette. Les panneaux seront implantés sur leur longueur et de façon jointive.

Longueur : 47 mètres, on peut installer ( $47 / 1.482 = 31$ ) 31 panneaux

Hauteur :  $h = \sqrt{197,3^2 + 106,5^2} = 2,24$  mètres, on peut installer ( $2,24 / 0,676 = 3,3$ ) 3 panneaux

Soit un total de 93 panneaux.

### C.2 Validation du nombre et du raccordement des onduleurs.

**C.2.1 Calculer** la puissance crête  $P_c$  fournie par une casquette. On admettra que l'on installe 90 modules photovoltaïques par casquette.

$$P_c = N \times P_{\max} = 90 \times 135 = 12,2 \text{ kWc}$$

**C.2.2 Calculer** la puissance de sortie  $P_o$  à prendre en compte pour le choix de l'onduleur.

$$P_o = P_c \times 0,8 = 12,2 \times 0,8 = 9,72 \text{ kWc}$$

**C.2.3 Calculer** le nombre d'onduleurs nécessaire par casquette sachant que pour harmoniser son parc de matériel sur l'ensemble de ses sites, l'exploitant souhaite utiliser des onduleurs SUNNY BOY 4000TL.

$$N_b = P_o / P_{DC\max} = 9,72 / 4,2 = 2,3 \text{ soit } 3 \text{ onduleurs}$$

**C.2.4 Calculer** le nombre de panneaux solaires raccordés par onduleur. On admettra que chaque onduleur est raccordé au même nombre de panneaux solaires.

$$90 / 3 = 30 \text{ panneaux}$$

**C.2.5 Déterminer** les tensions d'entrée de l'onduleur VMPPTmin et VMPPTmax.

$$\text{VMPPT}_{\min} = 175 \text{ V}$$

$$\text{VMPPT}_{\max} = 440 \text{ V}$$

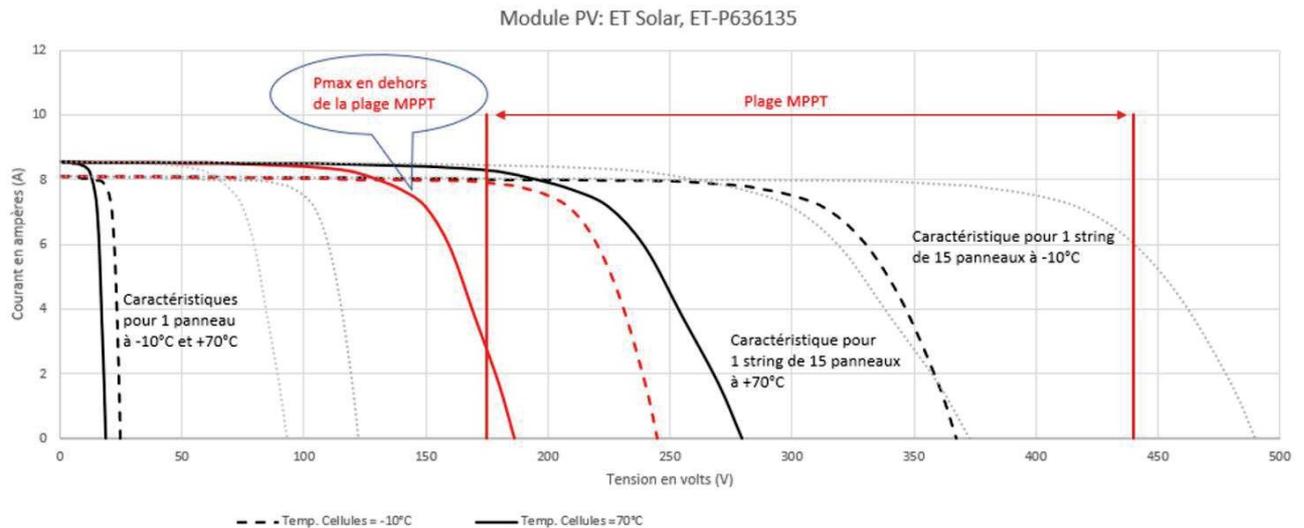
**C.2.6 Représenter** la plage de tension MPPT de l'onduleur sur le graphique en complétant le document réponse DR C1.

**DR C1** – Tracé des caractéristiques d'un string de module

Voir question suivante

**C.2.7 Tracer** à partir des caractéristiques d'un module photovoltaïque, les caractéristiques  $i = f(u)$  de la solution B aux températures de  $-10^\circ\text{C}$  et  $+70^\circ\text{C}$  en complétant le document réponse DR C1

## DR C1 – Tracé des caractéristiques d'un string de module



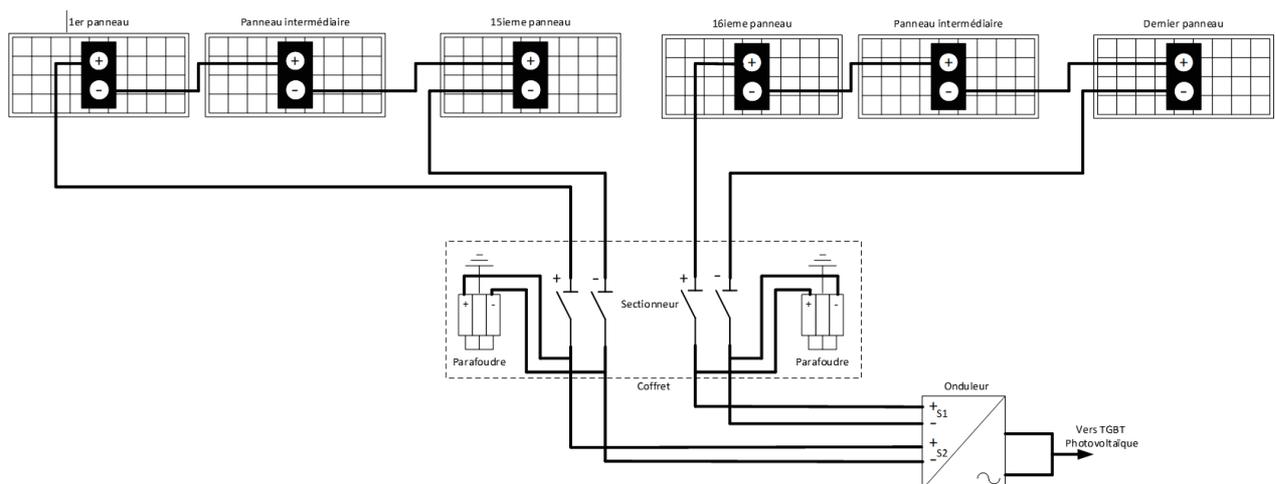
### C.2.8 Choisir la solution à retenir. Justifier votre réponse

Si on raccorde 10 panneaux en série, on constate que pour une température de 70°C le point de puissance maximale est en dehors de la plage Mppt de l'onduleur. La puissance maximale n'est alors pas exploitée. Pour 15 panneaux quelle que soit la température on se trouve dans la plage. On travaille donc dans ce cas à puissance maximale.

## C.3. Schéma de branchement d'un champ photovoltaïque

### C.3.1 Compléter le schéma de branchement d'un champ photovoltaïque raccordé à son onduleur

#### DR C2 – Raccordement d'un champ photovoltaïque



## C.4. Estimation de la production électrique de l'installation.

### C.4.1 Calculer à partir de la formule suivante, la production électrique annuelle fournie par un onduleur.

$$E = \frac{P_c \times E_i}{1000} \times C_p = \frac{(2 \times 15 \times 135) \times 1340}{1000} \times 0,75 = 4070 \text{ kWh/an}$$

**C.4.2 Calculer** la production annuelle totale de cette installation.

$$Et = 4070 \times 3 \times 6 = 73,3 \text{ kWh/an (3 onduleurs par étage, 6 étages)}$$

## PARTIE D – INFRASTRUCTURES DE RECHARGE POUR VÉHICULES ÉLECTRIQUES (IRVE)

### D.1. Choix des bornes de recharge

**D.1.1 Choisir** les références constituant chaque borne.

Présenter votre réponse sous forme de tableau (référence, désignation, quantité)

Référence	Désignation	Quantité
0 590 15	Borne de recharge	1
0 590 54	Fixation sur pied	1
0 590 56	Kit de communication	1
0 590 59	Lecteur RFID	1

**D.1.2 Calculer** le temps nécessaire pour charger de 10 à 80% une batterie Z.E. 40 avec le matériel que vous avez choisi à la question précédente.

$$80\% \text{ de } 41 = 32.8 \text{ kW h} \quad 32.8/22 = 1.49 \text{ soit environ } 1 \text{ h } 30$$

**D.1.3 Conclure** sur la pertinence du choix de cette puissance de recharge au regard de l'exigence du cahier des charges.

Le temps maximum de 2 heures est respecté, la pleine charge se fait en  $41/22 = 1.86 \text{ h}$ .  
On peut imaginer à terme une utilisation intensive des véhicules et donc la nécessité d'une charge partielle entre deux utilisations ou totale pendant la pause méridienne.

### D.2. Dimensionnement du départ

**D.2.1 Calculer** l'intensité absorbée IIRVE par l'ensemble de l'infrastructure de recharge, on appliquera un coefficient de simultanéité de 1 entre les deux bornes et on considérera qu'elles seront utilisées à pleine charge.

$$88/0.97 = 90.7 \text{ kW de puissance absorbée soit } 130.9 \text{ A sous } 400 \text{ V tri}$$

**D.2.2 Déterminer** les caractéristiques du disjoncteur de protection et **donner** sa référence complète.

$$I_n > 157.1 \text{ A (120\% de } 130.9 \text{ A)} \quad I_{cu} > 28.1 \text{ kA tétrapolaire avec différentiel}$$

Soit la référence LV426728

**D.2.3 Déterminer** la section du câble alimentant l'infrastructure de recharge.

$$I_z = 160 \text{ A lettre E} \quad K_1 = 1 \quad K_2 = 0.73 \quad K_3 = 0.94 \text{ soit } I'z = 160/0.69 = 233 \text{ A}$$

Soit 95 mm<sup>2</sup> en cuivre

### D.3. Gestion de la supervision de la recharge des véhicules électriques

**D.3.1 Justifier** le choix d'une adresse IP de classe C

On a besoin que de trois équipements à adresser. Un adressage IP de classe C suffit largement.

3 octets pour le Net-ID (réseau) et 1 octet pour le Host-ID (machine).

**D.3.2 Donner** le nombre d'adresses IP utilisables pour la classe C.

Le nombre de machines (hôtes) dans un réseau se calcul par la relation :  $2^n - 2$  (n : étant le nombre de bits codant l'adresse machine auquel il faut supprimer deux adresses ; l'adresse réseau et l'adresse de diffusion (Broadcast)).

Dans ce cas  $2^8 - 2 = 254$  machines.

**D.3.3 Proposer** dans ce cas le masque sous réseau qui pourrait être utilisé.

Dans ce cas le masque sous réseau est : 255.255.255.248 (Net Host : 11111000).

**D.3.4 Établir** un tableau d'adressage en précisant la première et la dernière adresse IP ainsi que l'adresse de diffusion.

<b>Adresse réseau</b>	<b>192.168.1.0</b>
<b>1<sup>ère</sup> adresse IP</b>	<b>192.168.1.1</b>
<b>Dernière adresse IP</b>	<b>192.168.1.6</b>
<b>Adresse de diffusion</b>	<b>192.168.1.7</b>

On a besoin de 5 adresses IP (4 bornes et un PC de supervision). On a besoin de 3 bits pour coder les équipements  $2^3$ . Dans ce cas le masque sous réseau est : 255.255.255.248 (Net Host : 11111000).

**D.3.5 Proposer** une adresse IP conforme pour le poste de supervision et **préciser** le masque sous réseau.

Adresse IP : 192.168.1.5 ou 192.168.1.6

Masque sous réseau : 255.255.255.248