**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR ÉLECTROTECHNIQUE**

DREP 1.

DREP 2.

DREP 3.

DREP 4.

DREP 5.

DREP 6.

Bilan des puissances de la cogénération 2

Architecture du poste de livraison cogénération SEEV 3

Intégration du poste dans la boucle de distribution HTA 4

Bilan de puissance 5

Transfert énergétique pour les deux modes de de fonctionnement 6

Coordination des protections du poste de cogénération 7

SESSION 2023 ÉPREUVE E4

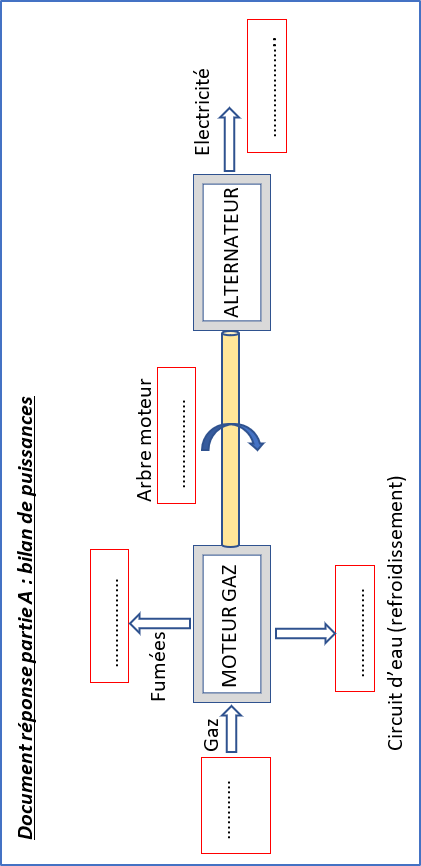
**Installation de cogénération à**

**Vandœuvre-Lès-Nancy**

**ELEMENTS DE CORRECTION**



DREP1 : Bilan des puissances de la cogénération



**(kW)**

2 368 kW

4 396 kW

9 885 kW

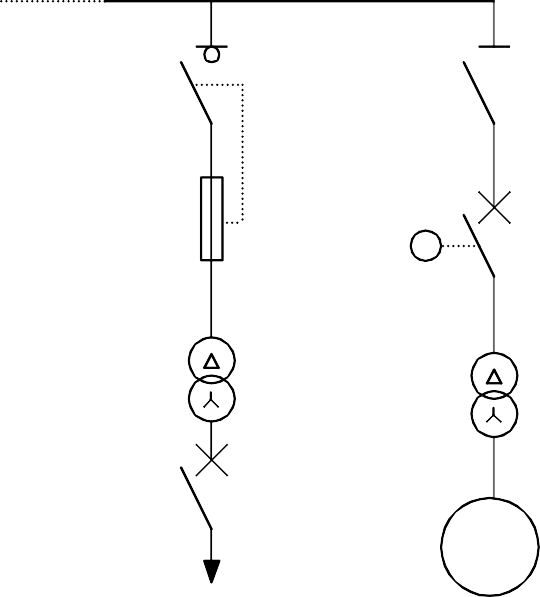
4 300 kW

1 905 kW

DREP2 : Architecture du poste de livraison cogénération SEEV.

3 sur 17

FFoonncctioonn 11 Fonction 2 sous ensemble Cogénération



Groupe de cogénération

ENERIA CAT

Alimentation Auxiliaires groupe

GE1 CG260-16EVO

4500kW

G

3~

TR1 21kV

6300kVA

6.3kV

TR AUX 20kV

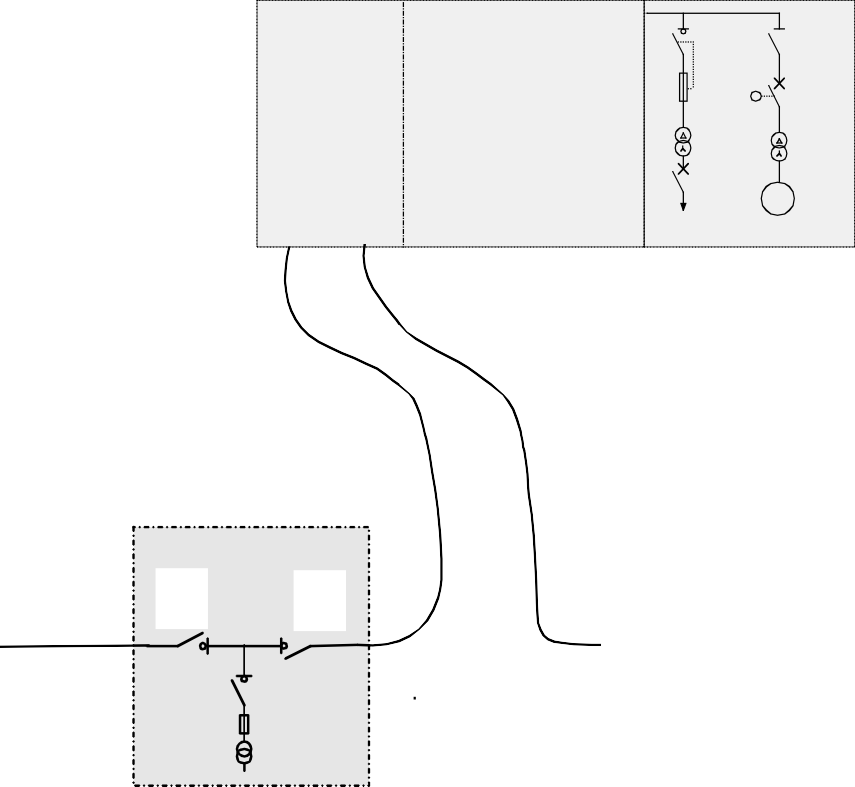
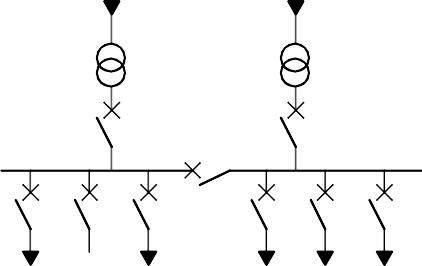
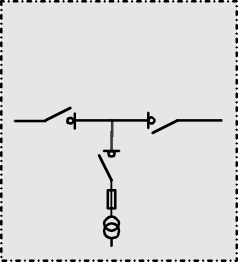
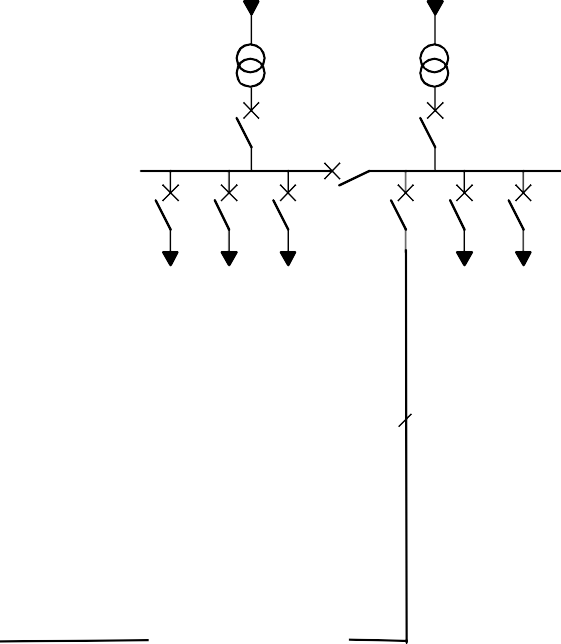
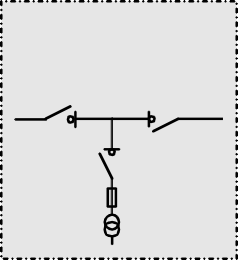
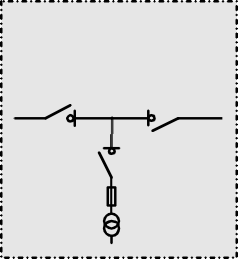
3x410V+N

M

Jeu de barres HTA

Poste source 1

Poste source 2



Poste source B

T HTB/HTA

T HTB/HTA

3x20kV

Poste source A

Fonction 1

Poste Cogénération S.E.E.V

Fonction 2

T HTB/HTA

T HTB/HTA

M

3x20kV

TR AUX 20kV

3x410V+N

TR1 21kV

6300kVA

6.3kV

GE1

G CG260-16EVO

3~

4500kW

Alimentation Auxiliaires groupe

Groupe de cogénération

ENERIACAT

3

3

Poste DP1

Poste DP2

Poste DP3

Poste DP4

**F**

**F**

F

O

O

F

**F**

**F**

I1

I2

I3

I4

I5

I6

I7

I8

DREP3 : Intégration du poste dans la boucle de distribution HTA

4 sur 17

DREP 4 : Bilan de puissance.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | Coefficients de foisonnement  (KU\*KS) | | Cogénération à l'arrêt | Cogénération en marche |
| AUXILIAIRES SUR SOUTIRAGE GE OU TRANSFORMATEUR  AUXILIAIRES | Quantité | P  installée (kW) | Centrale à l'arrêt | Centrale en production | Puissance consommée sur le contrat ENEDIS (kW) | Puissance cogénération en marche (kW) |
| **Thermique** | Pompe HT Cogé | 1 | 22,00 | 0 | 0,80 | 0 | 17,60 |
| Pompe BT Bloc | 1 | 15,00 | 0 | 0,75 | 0 | 11,25 |
| Pompe HT Bloc | 1 | 30,00 | 0 | 1,00 | 0 | 30,00 |
| Vannes 3 voies (V3V) | 4 | 0,03 | 0 | 0,90 | 0 | 0,11 |
| **Réchauffage** | Eau moteur | 1 | 21,00 | 1 | 0 | **21** | 0 |
| Alternateur | 4 | 0,20 | 1 | 0 | **0,80** | 0 |
| **Aéros** | Aéroréfrigérant HT | 1 | 7,20 | 0 | 0,50 | 0 | 3,60 |
| Aéroréfrigérant BT | 1 | 7,20 | 0 | 0,50 | 0 | 3,60 |
| Aéroréfrigérant MT | 1 | 17,16 | 0 | 0,50 | 0 | 8,58 |
| Ventilation | Insufflateurs | 3 | 5,50 | 0 | 0,40 | 0 | 2,20 |
| Ventilateur filtre à air | 1 | 2,20 | 0 | 1 | 0 | 2,20 |
| Compresseur air | 1 | 7,50 | 0 | 0,50 | 0 | 3,75 |
| **Divers** | Bloc autonome  24Vcc | 1 | 0,72 | 0,5 | 0,50 | **0,36** | 0,36 |
| Télésurveillance | 1 | 0,08 | 1 | 1,00 | **0,08** | 0,08 |
| Détection incendie | 1 | 0,10 | 1 | 1,00 | **0,10** | 0,10 |
| Pompe huile neuve | 1 | 1,50 | 0 | 0,20 | 0 | 0,30 |
| Electrovannes appoint huile | 2 | 0,04 | 0 | 1,00 | 0 | 0,04 |
| **EAU** | Pompe eau neuve | 1 | 1,50 | 0 | 0,20 | 0 | 0,30 |
| Pompe eau usée | 1 | 1,50 | 1 | 0 | **1,50** | 0 |
| **GAZ** | Electrovanne gaz  générale | 1 | 0,05 | 0 | 1,00 | 0 | 0,05 |
| **Autres** | Poste HTA / Coffret DEIE | 1 | 1,00 | 0,5 | 0,50 | **0,50** | 0,50 |
| Désenfumage local moteur | 1 | 0,75 | 0,5 | 0 | **0,38** | 0 |
| Pompe HT client | 1 | 18,50 | 0 | 1,00 | 0 | 18,50 |
| **BILAN DE PUISSANCE EN AVAL DU TRANSFORMATEUR DES AUXILIAIRES** | | | | | | **24,72 kW** | **103,12 kW** |

**Question Q19 :**

Zones non grisées à compléter.

5 sur 17

|  |  |
| --- | --- |
| **Situation de fonctionnement** : cogénération à l'arrêt | |
| Réseau de distribution  publique HTA (20kV) | Groupe de cogénération gaz  et son transformateur 6.3kV/20kV |
| Transformateur des auxiliaires du groupe de cogénération | |

Réseau de distribution

publique HTA (20kV)

Groupe de cogénération gaz

et son transformateur 6.3kV/20kV

Transformateur des auxiliaires du groupe de cogénération

**Situation de fonctionnement** : cogénération en marche

DREP5 : Transfert énergétique pour les deux modes de fonctionnement

6 sur 17

DREP6 :

Tableau d’analyse du comportement des protections du poste :

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Situations de court-circuit | Déclenchement de QG | Déclenchement de QC | Retard au déclenchement | |
| Situation A |  | **X** | **50 ms** | |
| Situation B | **X** | **X** | **QG :175 ms** | **QC : 50 ms** |
| Situation C |  | **X** | **50 ms** | |
| Situation D |  | **X** | **50 ms** | |

7 sur 17

**U4 : conception - étude préliminaire**

Les questions en bleu sont corrigées par le professeur de Physique-Chimie Les questions en vert sont corrigées par le professeur de STI

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Question** | **Connaissance ou capacité exigible** | **Eléments de correction / Indicateurs** | Compétence non acquise  **N1** | Compétence en cours d'acquisition non stabilisée  **N2** | Compétence partiellement aquise  **N3** | Compétence totalement acquise et transférable  **N4** |
| *Q1* | *Ressources et outils professionnels / Ressources documentaires & Caractéristiques des infrastructures* | * *Relever : Q = 960 Nm3/h (DTEC1)* * *Appliquer la relation volume = débit x temps (expression littérale pas nécessairement attendue sur la copie)* * *Calcul pour 1 heure . (V GAZ= 960 m3 )* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |
| ***Q2*** | *Energie et chimie/Combustions/Utiliser les pouvoirs calorifiques* | * *Exprimer la relation : EGAZ= PCI x VGAZ (en kW)* * *Relever le PCI et poser le calcul* * *Faire le calcul avec la bonne unité (EGAZ = 9888 kWh)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |
| ***Q3*** | *Les conversions et le stockage de l'énergie/Schématiser une chaine énergétique* | * *Relever les 5 différentes valeurs utiles dans DTEC1* * *Les placer au bon endroit dans DREP1 (voir DREP1)* |  | *1 bonne bien placée* | *3 bonnes bien placées*  *ou les 5 bonnes valeurs mais mal placées* | *les 5 sont bien placées.* |

8 sur 17

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q4*** | *Les conversions et le stockage de l'énergie/Calculer un rendement* | * *Connaitre la relation d'un rendement =Pu/Pa* * *Identifier les Pu et Pa pour chaque convertisseur (Savoir utiliser DREP1)* * *Comprendre que les 2 puissances thermiques sont des pertes pour le moteurs mais des puissances utiles pour l'aspect énergétique de la cogénération.* * *Faire les calculs justes*   *mec = 4396/9885 = 0,44*  *elec = 4300/9885=0,43*  *th = (2368+1905)/9885 = 0,43)* |  | *1 indicateur sur 4* | *2 indicateurs sur 4* | *Les 4 indicateurs* |
| ***Q5*** | *Les conversions et le stockage de l'énergie/Calculer un rendement* | * *Connaitre la relation d'un rendement =Pu/Pa* * *Faire apparaitre que Pu est la somme des puissances thermiques et électriques* * *Faire le calcul juste (=(4300+2368+1905)/9885 = 0,87)*   *Ou*  *cogé = th + elec)* |  |  | *2 indicateurs* | *bonne réponse complète* |
| ***Q6*** | *Mécanique des fluides / Définir la masse volumique d'un fluide* | * *Extraire la masse volumique du document DTEC1* * *Exploiter la relation m=  x V (numérique ou littérale)* * *Exploiter la relation V = Qv x t (numérique ou littérale)* * *Faire l'application numérique (m = 900 x111 x 1 = 99 900 kg)* |  | *1 indicateur sur 4* | *2 indicateurs sur 4* | *Les 4 indicateurs* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q7*** | *Energie interne/Exprimer et calculer la variation d'énergie interne d'un liquide lors d'une variation de température* | * *Relever C pour l'huile dans DTEC1 (C=2kJ∙kg-1∙K-1)* * *Exploiter la relation Q = m C T et poser l'application numérique Q = 99 900 x 2000 x 10 (le calcul avec la masse m calculée à la question précédente est considéré bon)* * *Faire l'application numérique avec la bonne unité (Q= 1998.103 kJ)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3 ou*  *Résultat final avec unité juste (autres indicateurs implicites)* |
| ***Q8*** | *Relation entre puissance, durée et énergie* | * *Exploiter la relation P = Q/t* * *Tenir compte de la conversion heures en secondes* * *Faire l'application numérique juste (P= 1998.103/3600 = 555 kW)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |
| ***Q9*** | *Les conversions et le stockage de l'énergie/Calculer un rendement* | * *Exprimer que P s'ajoute à Pu : Pu = 4300+2368+1905+555* * *Calculer la nouvelle valeur du rendement de cogénération* |  |  | *1 indicateur* | *bonne réponse complète* |
|  |  | *(ncogé = (4300+2368+1905+555)/9885 = 0,92)* |  |  |
| ***Q10*** | *Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique* | * *Poser une relation : Rémunération = rémunération horaire du kWh x Puissance électrique x temps (avec ou sans le taux de disponibilité, littérale ou numérique)* * *Relever les 3 données correspondantes dans DRES 1 (Pgh, t et rémunération horaire du kWh)* * *Tenir compte du taux de disponibilité d* * *Faire le le calcul en cohérence (avec ou sans d)* |  | *1 indicateur sur 4* | *3 indicateurs sur 4* | *Les 4 indicateurs* |
|  |  | *(R.elec = 4130\*3623\*0,96\*0,07022 =1 008 673 €)* |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q11*** | *Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique* | * *Poser la relation : Cex = Cexh x Pgh x t x d (avec ou sans le taux de disponibilité d, littérale ou numérique)* * *Relever les 3 données dans DRES 1 (Cexh, Pgh, t)* * *Renir compte du taux de disponibilité d* * *Faire le le calcul en cohérence (avec ou sans d)*   *(Cex = 4130\*3623\*0,96\*0,07022 =1 008 673 €)* |  | *1 indicateur sur 4* | *3 indicateurs sur 4* | *Les 4 indicateurs* |
| ***Q12*** | *Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique* | * *Poser une relation : Chiffre d'affaire de la production de chaleur (CAth) = Puissance x t x rémunération horaire de MWh* * *Tenir compte du taux de disponibilité* * *Poser et faire le calcul en cohérence*   *(CAth = 50\*4,27\*3623\*0,96 =742 570 €)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *Les 3 indicateurs* |
| ***Q13*** | *Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique* | * *Initier une démarche faisant apparaitre : amortissement = rapport (Investissement, bénéfices)* * *Calculer les bénéfices annuels : R.elec + CA.th - Cex* * *Relever le cout d'investissement dans DRES1* * *Calculer le Temps d'amortissement : Investissement / (R.elc+CA.th-C.ex) = 6,3 ans* * *convertir en mois, soit environ 31 mois de fonctionnement ou 76 mois calendaires (prendre en compte les deux interprétations possibles)* |  | *1 indicateur sur 5* | *3 indicateurs sur 5* | *Les 5 indicateurs* |
| ***Q14*** | *Chaine de puissance Distribution du point de livraison à la sortie*  *du TGBT :*  *- distribution HTA Argumenter une solution de distribution* | * *Représentation de cellule(s) ayant la fonction "interrupteur"* * *Représentation de 2 cellules correspondant à la structure en boucle*   *(voir onglet DREP2)* |  | *1 indicateur* |  | *Fonction complète représentée* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q15*** | *Chaine de puissance Distribution du point de livraison à la sortie*  *du TGBT :*  *- distribution HTA Argumenter une solution de distribution* | * *La puissance installée est supérieure 1250kVA*   ***ou***   * *le poste comporte deux transformateurs impose un comptage HTA* |  |  |  | *Une des deux justifications est donnée* |
| ***Q16*** | *Chaine de puissance Distribution du point de livraison à la sortie*  *du TGBT :*  *- distribution HTA Argumenter une solution de distribution* | * *La représentation est celle d'un schéma de la colonne "Protection générale MT et comptage MT"* * *La représentation est celle d'une distribution en boucle*   *(voir DREP2)* |  | *Le* ***1er*** *indicateur* |  | *2 indicateurs* |
| ***Q17*** | *Chaine de puissance Distribution du point de livraison à la sortie*  *du TGBT :*  *- distribution HTA Argumenter une solution de distribution* | * *La répartition est faite (quel que soit le point d'ouverture),* * *L'ouverture est identifiée en I3.*   *(Poste source A alimente DP1 / Poste source B alimente DP2, DP3 et DP4)* |  | *1 indicateur* |  | *2 indicateurs* |
| ***Q18*** | *Chaine de puissance Distribution du point de livraison à la sortie*  *du TGBT :*  *- distribution HTA Argumenter une solution de distribution* | *Pour pouvoir effectuer ces travaux, tout en préservant la continuité de service des postes qui constituent la boucle : Dans DP2 I3=F et I4=O / Dans DP3 I5=0 et I6=F*  *(voir DREP 3)* |  |  |  | *Réponse complète* |
| ***Q19*** | *Savoir faire un bilan de puissance* | * *Appliquer pour un équipement la relation : Pconsommée = Ku\*Ks\*Pinstallée* * *Prendre en compte la quantité d'équipements (pour la ligne "Alternateur")* * *Faire la somme en cohérence avec les cellules remplies*   *(Bilan de puissance cogé à l'arrêt : 24,72 kW, voir DREP4)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q20*** | *Puissances électriques/Connaître et utiliser les différentes expressions des puissances* | * *Appliquer la relation cos*  *= P/S* * *Poser l'application numérique : SARRET = 24,72/0,8 ; SMARCHE = 103,12/0,8* * *Faire l'application numérique avec l'unité adaptée*   *(SARRET= 30,9 kVA et SMARCHE = 128,9 kVA)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |
| ***Q21*** | *Chaîne de puissance / Gestion et performance énergétique / optimisation de la consommation d'énergie* | *- Citer la notion de "soutirage" ou "alimentation des auxiliaires"*  *(les auxiliaires du groupe sont alimentés par le transformateur TR AUX qui soutire l'énergie au groupe de cogénération lors de son fonctionnement)* |  |  |  | *1 indicateur* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q22*** | *Chaîne de puissance / Sources/Argumenter une solution de production locale* | *3 flèches principales (direction et sens) :*   * *à l'arrêt : transfert du réseau HTA vers le transfo AUX* * *en cogénération : Transfert du groupe vers le Réseau HTA* * *en cogénération : Transfert du groupe vers le transfo AUX*   *Autres transferts :*   * *dans les deux modes : de TR AUX vers le groupe pour alimenter les auxiliaires*   *(voir DREP5)* |  | *1 des 3 flèches principales*  *ou*  *les flèches de TR AUX vers le groupe* | *2 des 3 flèches principales*  *ou*  *1 des 3 flèches principales et les flèches de TR AUX vers le groupe* | *Les 3 flèches principales* |
| ***Q23*** | *Chaîne de puissance / distribution du point de livraison à la sortie du TGBT / installations électriques BT / choisir des matériels de distribution et de protection* | * *Calculer la puissance nominale du transformateur : S = 110/0,50 = 220 kVA* * *Caractériser la puissance standard du transformateur en prenant la valeur immédiatement supérieure à la valeur calculée (en cohérence avec le calcul)* * *Ne connaissant pas la technologie du transformateur, dire que le dimensionnement est le même pour les deux technologies.*   *(transformateur de 250kVA dans les deux technologies proposées)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q24*** | *Chaîne de puissance / distribution du point de livraison à la sortie du TGBT / installations électriques BT / choisir des matériels de distribution et de protection* | * *Relever les couples de pertes pour les deux technologies (Pv = 538 W - Pc = 3740 W ; Pv = 310 W - Pc = 2585 W)* * *A puissance apparente identique le transformateur immergé présente des pertes moins importantes (comparaison)* * *En termes de rendement, transformateur immergé a un meilleur rendement, cette technologie est retenue* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *Réponse complète* |
| ***Q25*** | *Chaîne de puissance/ comptage et tarification de l'énergie* | * *Le poste est connecté au réseau de distribution HTA* * *La puissance installée est inférieure à 250 kW (mode cogé à l'arrêt),* * *on optera pour le segment C3* |  | *Le segment est défini sans être justifié* | *Seul un seul critère apparaît pour justifier le segment tarifaire* | *Réponse complète* |
| ***Q26*** | *Ressources et outils professionnels / Ressources documentaires & Caractéristiques des infrastructures* | * *Identifier le type de TC (TC protection)* * *Relever les 5 paramètres (Courant primaire assigné, courant secondaire assigné, classe de précision, puissance de précision, facteur limite de précision)* |  | *Le type de TC seul ou*  *au moins 3 paramètres* | *Type de TC et au moins 3 paramètres*  *ou*  *Les 5 paramètres* | *réponse complète* |
| ***Q27*** | *Modulation d'énergie électrique*  */ Transformateur triphasé / définir le rapport de transformation* | * *nommer le rapport de transformation "m"* * *poser la relation m = U2/U1 ou m = V2/V1 (littérale ou numérique)* * *Relever U1 et U2 dans DTEC3* * *Faire l'application numérique en cohérence. (m = 6310/21000 = 0,300)* |  | *1 indicateur sur 4* | *3 indicateurs sur 4* | *Les 4 indicateurs* |
| ***Q28*** | *Modulation d'énergie électrique*  */ Transformateur triphasé / définir le rapport de transformation* | * *Le calcul de INaltHT fait intervenir le rapport de transformation* * *La relation m= I1/I2 est exploitée* * *Le calcul est posé et réalisé (INaltHT= 412\*0,300 = 124 A)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q29*** | *Ressources et outils professionnels / Ressources documentaires & Caractéristiques des infrastructures* | * *Proposer la valeur de courant primaire assigné normalisée immédiatement supérieure au courant mesuré* * *Interpréter la mention "et leurs multiples décimaux" (multiplication par 10)*   *(Courant primaire assigné : 125 A)* |  | *1 indicateur sur 2* |  | *2 indicateurs sur 2* |
| ***Q30*** | *Les lois de l'électricité / régime sinusoïdale monophasé et triphasé équilibré / Calculer l'impédance équivalente d'une association de deux ou trois dipôles* | * *Représenter un triangle rectangle faisant apparaitre REQ, XEQ et ZEQ sur les cotés (ZEQ sur l'hypoténuse)* * *La représentation de Fresnel est complète en*   *faisant apparaitre la référence des phases (vecteur I), et les 3 vecteurs REQI, XEQI et ZEQI*   * *Le calcul numérique est posé* * *L'application numérique est juste (Ze 19,8*  |  | *1 indicateur sur 4* | *3 indicateurs sur 4* | *Les 4 indicateurs* |
| ***Q31*** | *Les lois de l'électricité / régime sinusoïdal monophasé et triphasé équilibré /* | * *Exploiter la relation ES = ZQE x IK3cogé* * *Poser le calcul Ik3cogé = 11547 / 19,8* * *Faire l'application numérique avec l'unité (Ik3cogé= 582 A)* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |
| ***Q32*** | *Ressources et outils professionnels / Ressources documentaires & Caractéristiques des infrastructures* | * *Exploiter DRES7 : FLP > Imax / I1* * *Poser le calcul en cohérence avec les résultats précédents (FLP > 582/125)* * *Choisir le FLP immédiatement supérieur au calcul numérique (FLP au moins 5).* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Q33*** | *Chaîne de puissance / distribution du point de livraison à la sortie du TGBT /Protection des biens et des personnes / adapter les paramétrages des protections des biens* | * *Déclenchement de QC dans les 4 situations* * *Déclenchement de QG dans la situation B uniquement.* |  | 1. *colonne juste ou* 2. *lignes justes* |  | *Réponse complète* |
| ***Q34*** | *Chaîne de puissance / distribution du point de livraison à la sortie du TGBT /Protection des biens et des personnes / adapter les paramétrages des protections des biens* | * *Identifier la valeur de déclenchement 50 ms de QC* * *Identifier la valeur de déclenchement 175 ms pour QG* * *Le retard au déclenchement est inscrit dans le*   *tableau quand la croix est notée dans la ligne* |  | *1 indicateur sur 3* | *2 indicateurs sur 3* | *3 indicateurs sur 3* |