

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2023

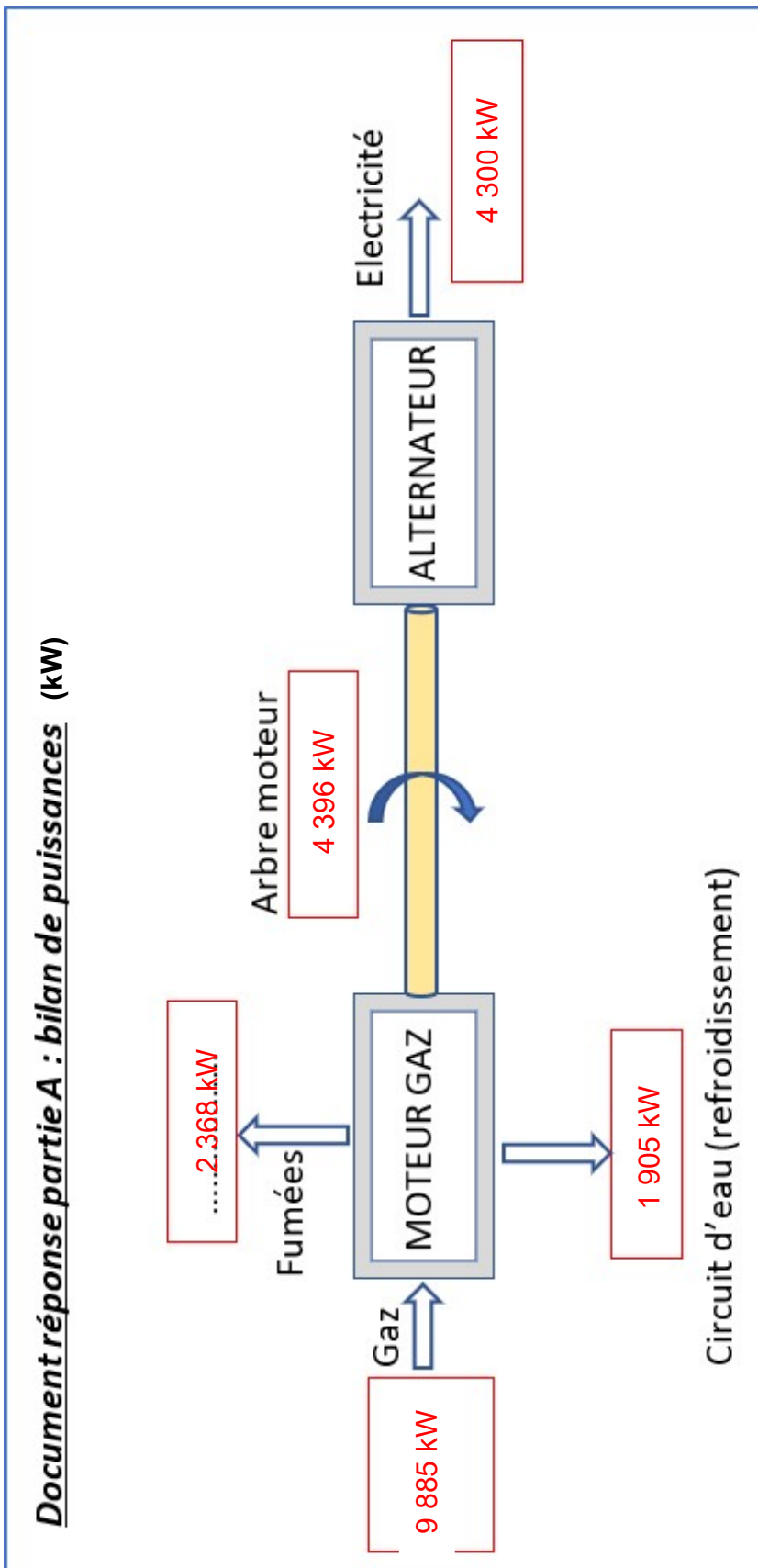
ÉPREUVE E4

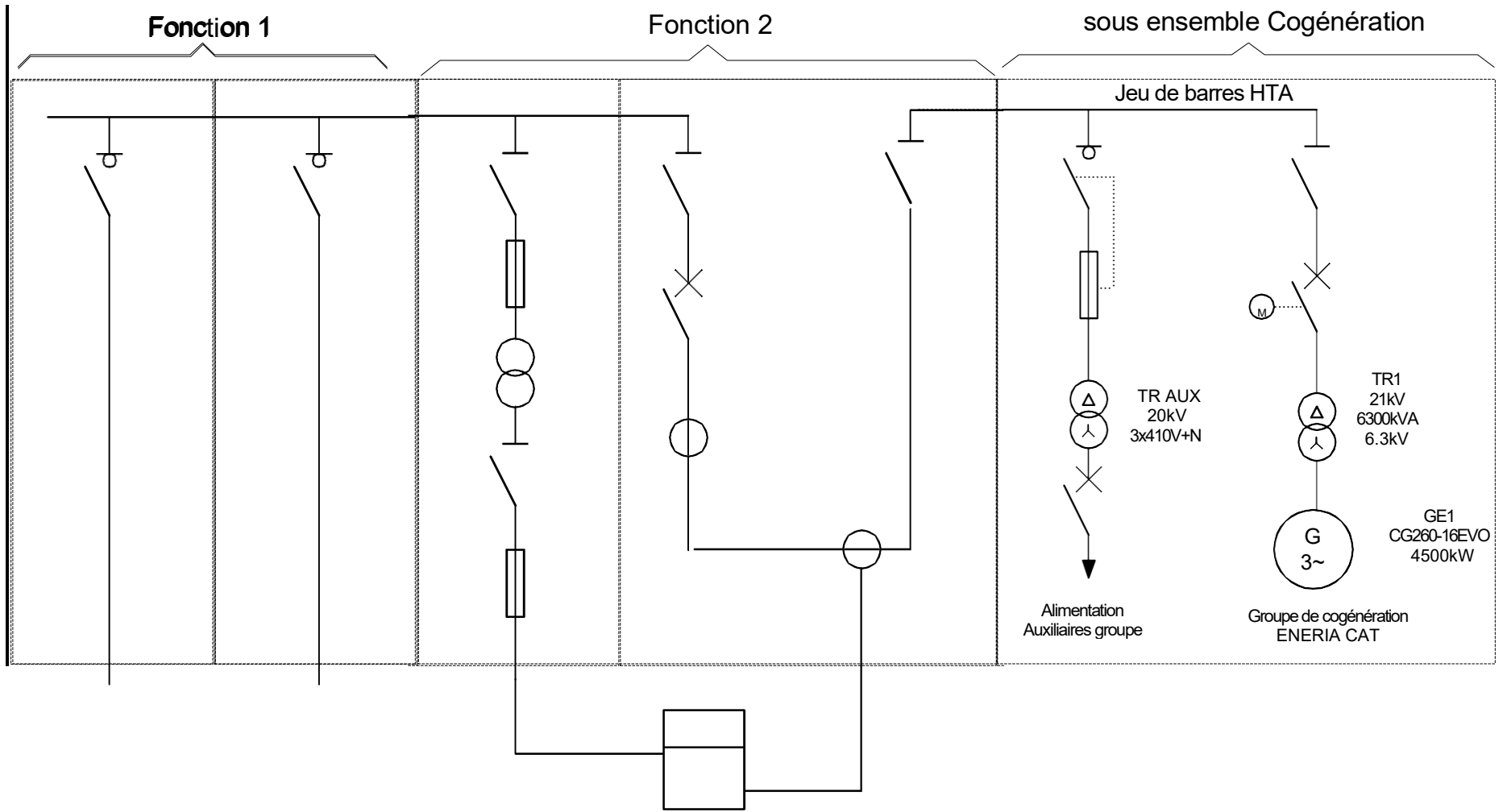
Installation de cogénération à Vandœuvre-Lès-Nancy

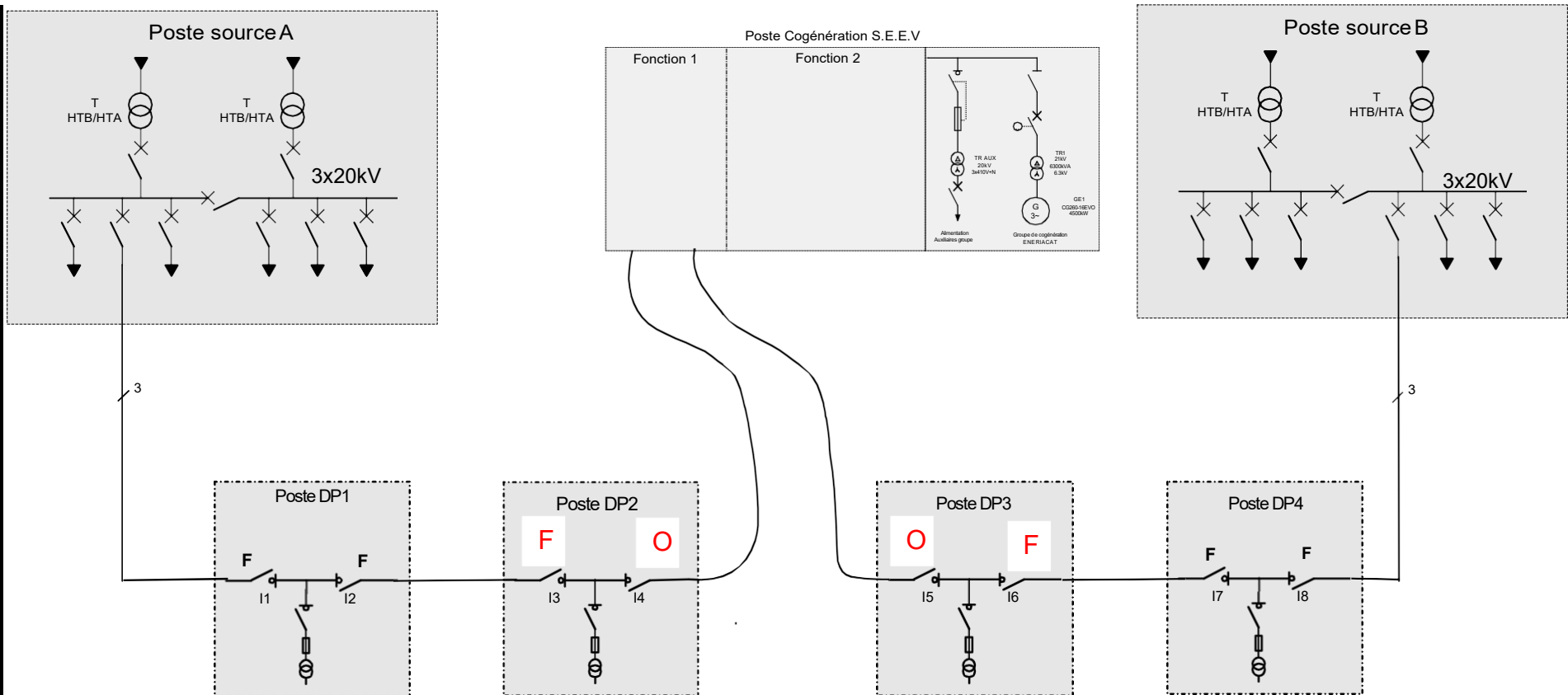
ELEMENTS DE CORRECTION



DREP 1.	Bilan des puissances de la cogénération.....	2
DREP 2.	Architecture du poste de livraison cogénération SEEV	3
DREP 3.	Intégration du poste dans la boucle de distribution HTA	4
DREP 4.	Bilan de puissance.....	5
DREP 5.	Transfert énergétique pour les deux modes de de fonctionnement.....	6
DREP 6.	Coordination des protections du poste de cogénération.....	7







DREP 4 : Bilan de puissance.

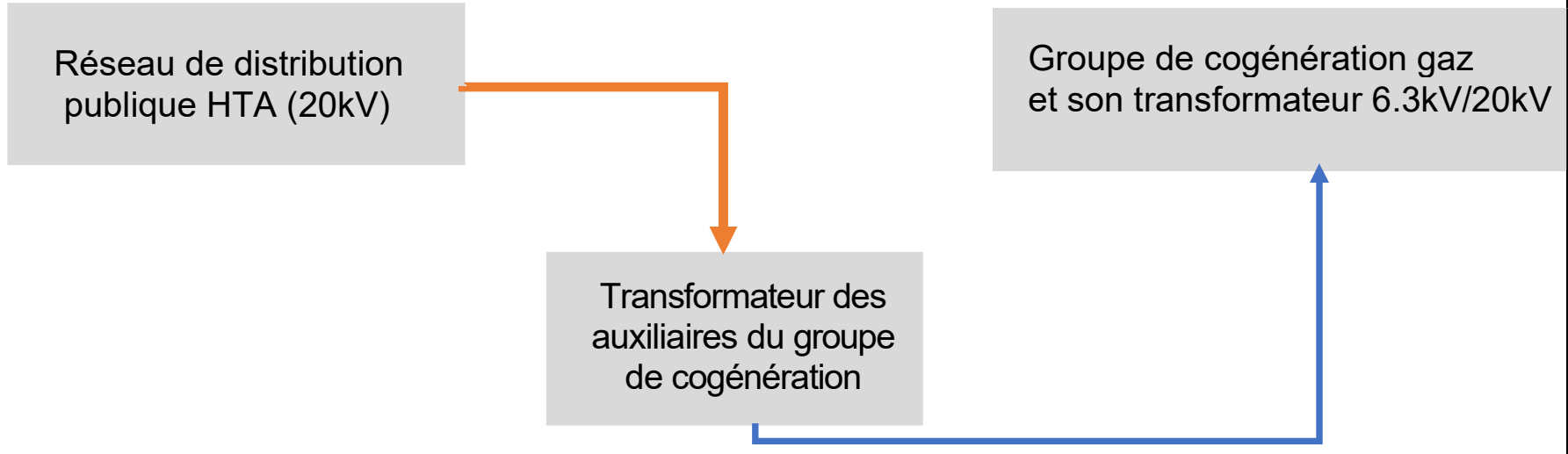
	AUXILIAIRES SUR SOUTIRAGE GE OU TRANSFORMATEUR AUXILIAIRES	Quantité	P installée (kW)	Coefficients de foisonnement (KU*KS)		Cogénération à l'arrêt	Cogénération en marche
				Centrale à l'arrêt	Centrale en production	Puissance consommée sur le contrat ENEDIS (kW)	Puissance cogénération en marche (kW)
Thermique	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



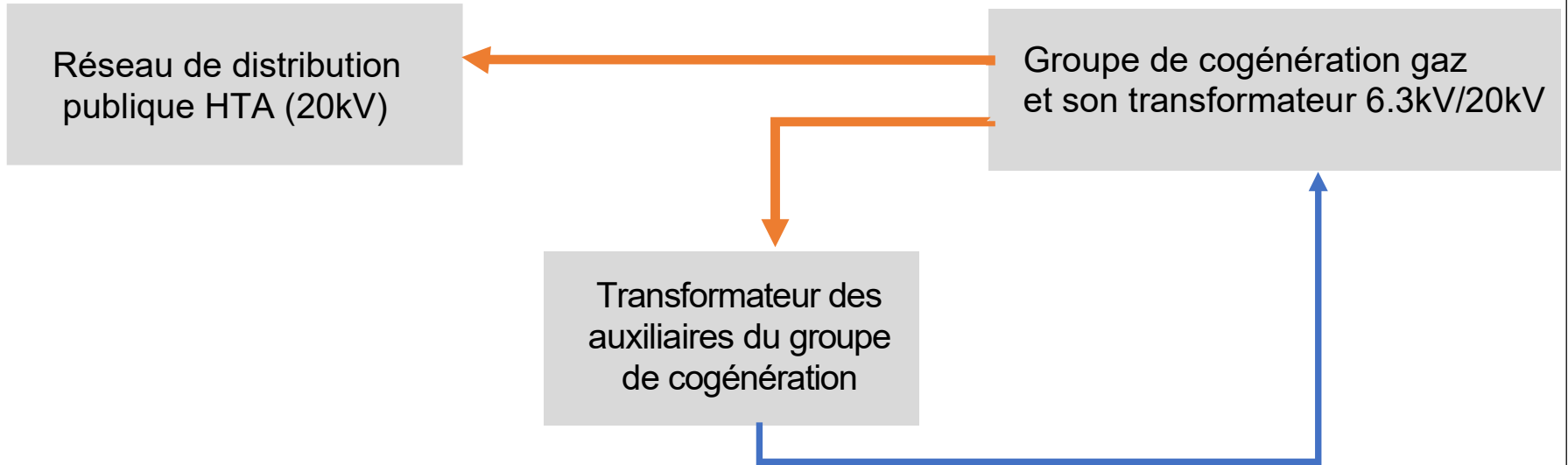
Question Q19 :

Zones non grisées à compléter.

Situation de fonctionnement : cogénération à l'arrêt



Situation de fonctionnement : cogénération en marche



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	Q_G : 175 ms	Q_C : 50 ms
Situation C		X	50 ms	
Situation D		X	50 ms	

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	Éléments de correction / Indicateurs	Compétence non acquise N1	Compétence en cours d'acquisition non stabilisée N2	Compétence partiellement acquise N3	Compétence totalement acquise et transférable N4
Q1	Ressources et outils professionnels / Ressources documentaires & Caractéristiques des infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> - Relever : $Q = 960 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (DTEC1) - Appliquer la relation volume = débit x temps (expression littérale pas nécessairement attendue sur la copie) - Calcul pour 1 heure . <p>($V_{\text{GAZ}} = 960 \text{ m}^3$)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	3 indicateurs sur 3
Q2	Energie et chimie/Combustions/Utiliser les pouvoirs calorifiques	<ul style="list-style-type: none"> - Exprimer la relation : $E_{\text{GAZ}} = \text{PCI} \times V_{\text{GAZ}}$ (en kW) - Relever le PCI et poser le calcul - Faire le calcul avec la bonne unité <p>($E_{\text{GAZ}} = 9888 \text{ kWh}$)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	3 indicateurs sur 3
Q3	Les conversions et le stockage de l'énergie/Schématiser une chaîne énergétique	<ul style="list-style-type: none"> - Relever les 5 différentes valeurs utiles dans DTEC1 - Les placer au bon endroit dans DREP1 <p>(voir DREP1)</p>		1 bonne bien placée	3 bonnes bien placées ou les 5 bonnes valeurs mais mal placées	les 5 sont bien placées.

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q4	Les conversions et le stockage de l'énergie/Calculer un rendement	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître la relation d'un rendement $\eta = P_u / P_a$ - Identifier les P_u et P_a 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 <p> $(\eta_{mec} = 4396/9885 = 0,44)$ $\eta_{elec} = 4300/9885 = 0,43$ $\eta_{th} = (2368 + 1905)/9885 = 0,43$ </p>		1 indicateur sur 4	2 indicateurs sur 4	Les 4 indicateurs
Q5	Les conversions et le stockage de l'énergie/Calculer un rendement	<ul style="list-style-type: none"> - Connaître la relation d'un rendement $\eta = P_u / P_a$ - Faire apparaître que P_u est la somme des puissances thermiques et électriques - Faire le calcul juste <p> $(\eta = (4300 + 2368 + 1905)/9885 = 0,87)$ </p> <p>Ou</p> <p> $\eta_{cogé} = \eta_{th} + \eta_{elec}$ </p>			2 indicateurs	bonne réponse complète
Q6	Mécanique des fluides / Définir la masse volumique d'un fluide	<ul style="list-style-type: none"> - Extraire la masse volumique du document DTEC1 - Exploiter la relation $m = \rho \times V$ (numérique ou littérale) - Exploiter la relation $V = Q_v \times t$ (numérique ou littérale) - Faire l'application numérique <p> $(m = 900 \times 111 \times 1 = 99\,900 \text{ kg})$ </p>		1 indicateur sur 4	2 indicateurs sur 4	Les 4 indicateurs

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q7	Energie interne/Exprimer et calculer la variation d'énergie interne d'un liquide lors d'une variation de température	<ul style="list-style-type: none"> - Relever C pour l'huile dans DTEC1 ($C=2\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) - Exploiter la relation $Q = m C \Delta T$ et poser l'application numérique $Q = 99\,900 \times 2000 \times 10$ (le calcul avec la masse m calculée à la question précédente est considéré bon) - Faire l'application numérique avec la bonne unité <p>($Q = 1998 \cdot 10^3 \text{ kJ}$)</p>		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	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter la relation $P = Q/t$ - Tenir compte de la conversion heures en secondes - Faire l'application numérique juste <p>($P = 1998 \cdot 10^3 / 3600 = 555 \text{ kW}$)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	3 indicateurs sur 3
Q9	Les conversions et le stockage de l'énergie/Calculer un rendement	<ul style="list-style-type: none"> - Exprimer que P s'ajoute à Pu : $P_u = 4300 + 2368 + 1905 + 555$ - Calculer la nouvelle valeur du rendement de cogénération <p>($n_{\text{cogé}} = (4300 + 2368 + 1905 + 555) / 9885 = 0,92$)</p>			1 indicateur	bonne réponse complète
Q10	Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique	<ul style="list-style-type: none"> - 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) <p>($R.\text{elec} = 4130 \cdot 3623 \cdot 0,96 \cdot 0,07022 = 1\,008\,673 \text{ €}$)</p>		1 indicateur sur 4	3 indicateurs sur 4	Les 4 indicateurs

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q11	Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Poser la relation : $Cex = Cexh \times Pgh \times t \times d$ (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) <p>($Cex = 4130 \times 3623 \times 0,96 \times 0,07022 = 1\ 008\ 673\ €$)</p>		1 indicateur sur 4	3 indicateurs sur 4	Les 4 indicateurs
Q12	Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Poser une relation : Chiffre d'affaire de la production de chaleur (CA_{th}) = Puissance $\times t \times$ rémunération horaire de MWh - Tenir compte du taux de disponibilité - Poser et faire le calcul en cohérence <p>($CA_{th} = 50 \times 4,27 \times 3623 \times 0,96 = 742\ 570\ €$)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	Les 3 indicateurs
Q13	Ressources et outils professionnels / techniques de chiffrage d'un équipement électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Initier une démarche faisant apparaître : 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q15	Chaîne 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	Chaîne 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	Chaîne 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	Chaîne 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 : $P_{consommée} = K_u * K_s * P_{installée}$ - 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

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q20	<i>Puissances électriques/Connaître et utiliser les différentes expressions des puissances</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer la relation $\cos \varphi = P/S$ - Poser l'application numérique : $S_{ARRET} = 24,72/0,8$; $S_{MARCHE} = 103,12/0,8$ - Faire l'application numérique avec l'unité adaptée <p>($S_{ARRET} = 30,9$ kVA et $S_{MARCHE} = 128,9$ kVA)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	3 indicateurs sur 3
Q21	<i>Chaîne de puissance / Gestion et performance énergétique / optimisation de la consommation d'énergie</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 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

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q22	Chaîne de puissance / Sources/Argumenter une solution de production locale	<p>3 flèches principales (direction et sens) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>Autres transferts :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans les deux modes : de TR AUX vers le groupe pour alimenter les auxiliaires <p>(voir DREP5)</p>		<p>1 des 3 flèches principales</p> <p>ou</p> <p>les flèches de TR AUX vers le groupe</p>	<p>2 des 3 flèches principales</p> <p>ou</p> <p>1 des 3 flèches principales et les flèches de TR AUX vers le groupe</p>	<p>Les 3 flèches principales</p>
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	<ul style="list-style-type: none"> - Calculer la puissance nominale du transformateur : $S = 110/0,50 = 220 \text{ kVA}$ - 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. <p>(transformateur de 250kVA dans les deux technologies proposées)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	3 indicateurs sur 3

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
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	<ul style="list-style-type: none"> - Relever les couples de pertes pour les deux technologies ($P_v = 538 \text{ W} - P_c = 3740 \text{ W}$; $P_v = 310 \text{ W} - P_c = 2585 \text{ W}$) - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - nommer le rapport de transformation "m" - poser la relation $m = U_2/U_1$ ou $m = V_2/V_1$ (littérale ou numérique) - Relever U_1 et U_2 dans DTEC3 - Faire l'application numérique en cohérence. <p>($m = 6310/21000 = 0,300$)</p>		1 indicateur sur 4	3 indicateurs sur 4	Les 4 indicateurs
Q28	Modulation d'énergie électrique / Transformateur triphasé / définir le rapport de transformation	<ul style="list-style-type: none"> - Le calcul de I_{NaitHT} fait intervenir le rapport de transformation - La relation $m = I_1/I_2$ est exploitée - Le calcul est posé et réalisé <p>($I_{NaitHT} = 412 * 0,300 = 124 \text{ A}$)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	3 indicateurs sur 3

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q29	Ressources et outils professionnels / Ressources documentaires & Caractéristiques des infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer la valeur de courant primaire assigné normalisée immédiatement supérieure au courant mesuré - Interpréter la mention "et leurs multiples décimaux" (multiplication par 10) <p>(Courant primaire assigné : 125 A)</p>		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	<ul style="list-style-type: none"> - Représenter un triangle rectangle faisant apparaître R_{EQ}, X_{EQ} et Z_{EQ} sur les cotés (Z_{EQ} sur l'hypoténuse) - La représentation de Fresnel est complète en faisant apparaître la référence des phases (vecteur I), et les 3 vecteurs R_{EQ}, X_{EQ} et Z_{EQ} - Le calcul numérique est posé - L'application numérique est juste <p>(Z_e 19,8 Ω)</p>		1 indicateur sur 4	3 indicateurs sur 4	Les 4 indicateurs
Q31	Les lois de l'électricité / régime sinusoïdal monophasé et triphasé équilibré /	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter la relation $E_S = Z_{QE} \times I_{k3cogé}$ - Poser le calcul $I_{k3cogé} = 11547 / 19,8$ - Faire l'application numérique avec l'unité <p>($I_{k3cogé} = 582$ A)</p>		1 indicateur sur 3	2 indicateurs sur 3	3 indicateurs sur 3
Q32	Ressources et outils professionnels / Ressources documentaires & Caractéristiques des infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> - Exploiter DRES7 : $FLP > I_{max} / I_1$ - 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

Question	Connaissance ou capacité exigible	Éléments de correction / Indicateurs	N1	N2	N3	N4
Q33	<i>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</i>	<i>- Déclenchement de Q_C dans les 4 situations - Déclenchement de Q_G dans la situation B uniquement.</i>		<i>1 colonne juste ou 2 lignes justes</i>		<i>Réponse complète</i>
Q34	<i>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</i>	<i>- Identifier la valeur de déclenchement 50 ms de Q_C - Identifier la valeur de déclenchement 175 ms pour Q_G - Le retard au déclenchement est inscrit dans le tableau quand la croix est notée dans la ligne</i>		<i>1 indicateur sur 3</i>	<i>2 indicateurs sur 3</i>	<i>3 indicateurs sur 3</i>