

Partie 1

1.1

Déperditions totales : $\Phi = \Phi_T + \Phi_{inf} + \Phi_{RA} = 226343 + 11684 + 38613 = 276640$ W

Puissance à installer : $\Phi_{HL} = \Phi + \Phi_{RH} = 276640 + 85650 = 362290$ W

La puissance à installer prend en compte la surpuissance de relance qui dépend de la chute de température intérieure lors du ralenti, du temps de relance et de l'inertie du bâtiment.

1.2

Oui la puissance distribuée de 363 kW est correcte car équivalente à celle demandée (362kW sur DR1).

1.3

Ratio de relance / m² = $85650 / 4758 = 18$ W/m² Valeur norme 16W/m²

Le ratio réel obtenu par calcul est supérieur à celui donné par la norme.

1.4

$$1/U_p = r_{si} + r_{se} + R_{u \text{ plâtre}} + R_{u \text{ ldv}} + R_{u \text{ pierre}}$$

$$1/U_p = 0.13 + 0.04 + 0.104 + 4.35 + 0.571 = 5.195 \text{ m}^2\text{K/W}$$

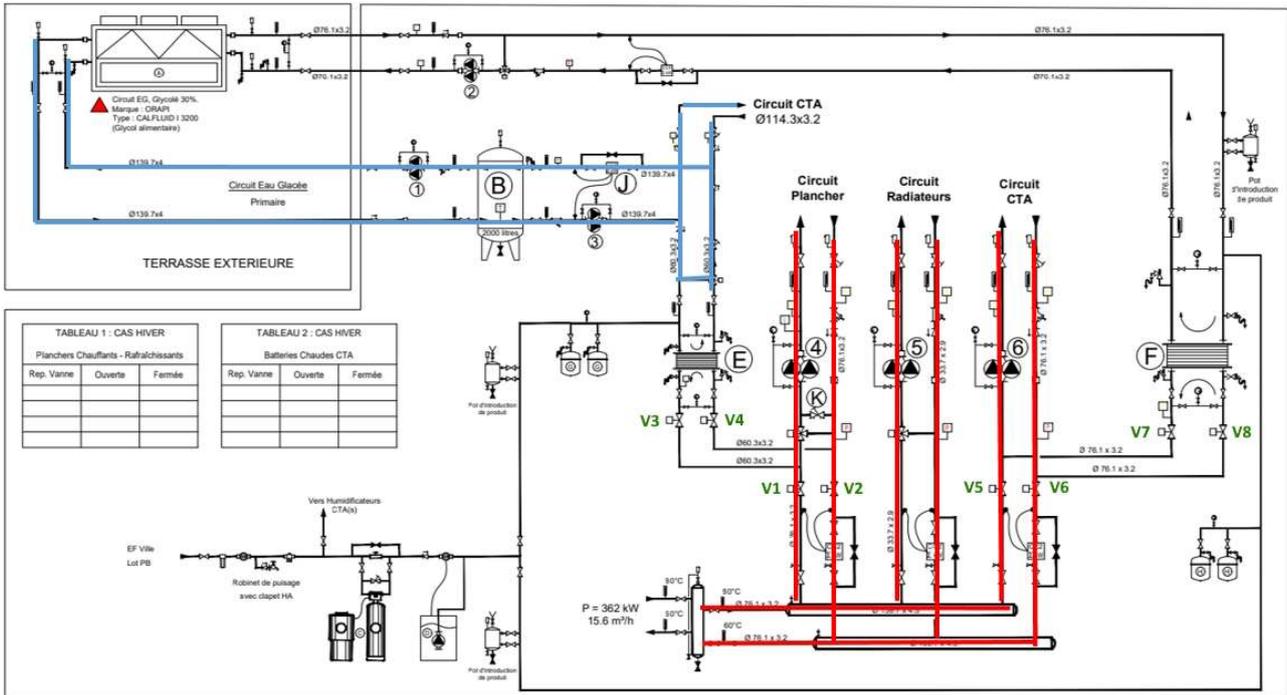
$$U_p = 0.192 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Cette valeur est inférieure à celle du BE (0.209 W/m²K)

1.5 La réglementation thermique est respectée car le coefficient U_p est inférieur à la réglementation qui est de 0.45 W/m²K.

Partie 2

2.1



2.2

Circuits qui contiennent un antigel : circuit eau glacée primaire et circuit récupération.

Ces circuits sont situés en partie en extérieur, il faut donc les protéger contre le gel en hiver.

2.3:

Tableau 1 : planchers chauffants		
	Ouverte	Fermée
V1	X	
V2	X	
V3		X
V4		X

Tableau 2 : batteries chaudes CTA :		
	Ouverte	Fermée
V5	X	
V6	X	
V7		X
V8		X

2.4

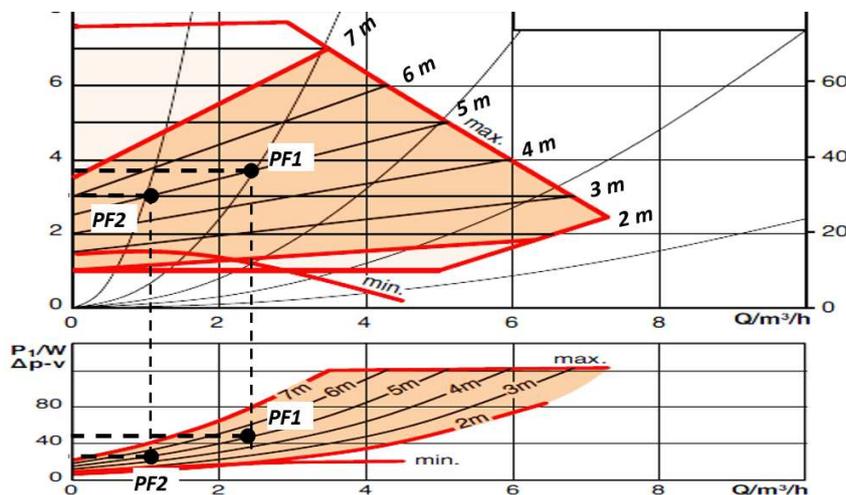
Éléments	Nom	Fonction
B	Ballon tampon	Eviter les courts cycles du groupe froid et/ou assurer les besoins pendant l'arrêt du groupe
E	Echangeur	Permet de séparer le circuit eau glacée primaire qui est glycolé du réseau de distribution
F	Echangeur	Permet de séparer le circuit de récupération qui est glycolé du réseau de distribution
J	Compteur d'énergie thermique	Mesure le débit et les 2 températures aller et retour pour calculer entre autres l'énergie
K	Bipasse plancher chauffant	Assure un mélange de l'eau de départ avec l'eau de retour et permet à la vanne 3 voies de réguler sur sa pleine ouverture et/ou casse la température nominale de 80 à 45°C.

2.5

Débit dans le circuit $Q = P / C \times (T_e - T_s) = 28 / 4.186 \times (45 - 35) = 0.669 \text{ kg/s} = 2.408 \text{ m}^3/\text{h}$
 Ce débit correspond bien au débit de fonctionnement PF1 du circulateur (2,4 m³/h)

2.6 Le point de fonctionnement se déplace sur la droite « 5m ».

- Pour un débit $Q_v = 1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ on peut lire $H_m = 3 \text{ mCE}$ et $P_1 = 25 \text{ W}$
- Ce qui est important c'est que le candidat suive la droite 5m la valeur de H_m peut varier suivant la lecture.



Attention :

Pour les questions 2.7 à 2.9, le correcteur acceptera des calculs justes si le candidat calcule avec son relevé fait en question 2.6, même si ce dernier est inexact.

2.7

Puissance utile $P_u = H_m \times Q_v = 1,2 / 3600 \times 3.10^4 = 10 \text{ W}$.

Rendement du circulateur : $R = P_u / P_a = 10 / 25 = 0,4$ avec P_{abs} environ 25 W

2.8

Energie consommée pour 230 jours : $E = n_j \times 24 \times P_a = 230 \times 24 \times 25 = 136 \text{ 000 Wh/an}$.

2.9

Economie d'énergie réalisée : $E_c = 276 - 136 = 140 \text{ kWh / saison de chauffe}$. Soit 50,7 %

Tableau à compléter : Document DR2

		Régime nominal Point PF₁	Débit réduit Point PF₂
Débit	[m ³ /h]	2,40	1.20
Hm	[mCE]	3,80	3.00
Puissance Absorbée (P₁)	[W]	50	25
Puissance Utile (P_u)	[W]	24,80	10
Rendement du circulateur	[%]	49,7	40
Energie annuelle consommée par le circulateur	[kWh/an]	276	136

Rappel : $P_u = H_m \times Q_v$ avec H_m en [Pa] et Q_v en [m³/s]

Partie 3

3.1

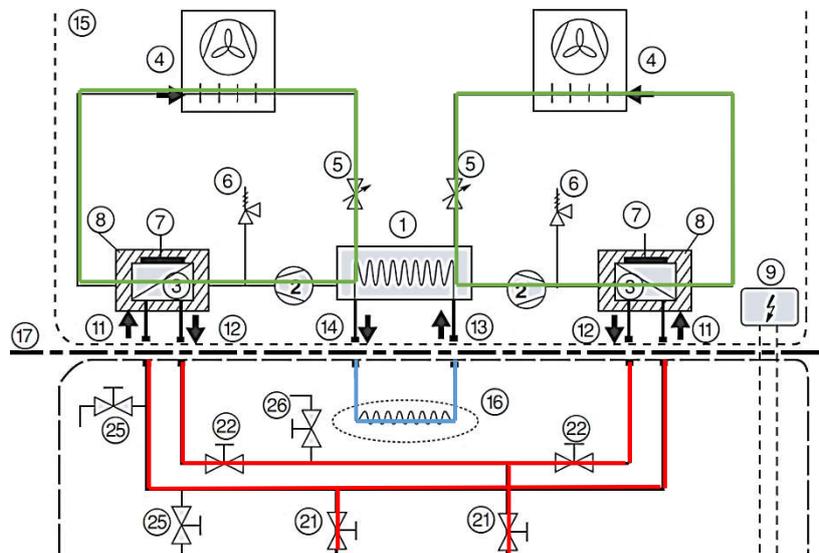
DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés

Il est réalisé en fin de chantier et son destinataire est le maître d'ouvrage qui l'utilisera durant toute la vie des installations.

3.2

Le document qui manque est les plans de recollement ou plans d'exécution ...

3.3



3.4 Nom et Fonction des équipements 1 ,2, 4 et 5.

1	Evaporateur	Echanger de la chaleur latente entre le fluide frigorigène en phase d'évaporation et l'eau glacée qui se refroidit ou produire de l'eau glacée
2	Compresseur	Faire circuler le fluide frigorigène dans le circuit et le comprimer pour augmenter pression et température entre l'évaporateur et le condenseur
4	Condenseur	Echanger de la chaleur latente entre le fluide frigorigène en phase de condensation et l'air extérieur qui se réchauffe ou évacuer la chaleur sur l'air extérieur
5	Détendeur	Contrôle le débit d'irrigation de l'évaporateur et abaisse pression et température du fluide frigorigène entre le condenseur et l'évaporateur

3.5

Puissance des batteries chaudes en mode été : 135 kW

Puissance du récupérateur : $P_r = (12,5 \times 1030 / 3600) \times 3,9 \times (55-45) = 139,3 \text{ kW}$

La puissance du récupérateur est même supérieure à la puissance des CTA en été.

3.6

Le choix fait par l'entreprise est meilleur que le choix du bureau d'études car l'efficacité saisonnière ESEER est supérieure (= consommation moindre donc moins de CO2), la masse de fluide donc la masse équivalente CO2 est plus faible (*malgré un coût légèrement supérieur*).

CIAT (107700 €) ESEER 4.28 Tonnes eq CO2 135.7

CARRIER (109500 €) ESEER 4.40 Tonnes eq CO2 74.4

3.7

Energie récupérée : $E_r = P \times \text{durée} = 75 \times 90 \times 18 = 121\,500 \text{ kWh/an}$

Economie financière : $E_f = E_r \times P_{gn} / R_g = 121500 \times 0,054 / 0,85 = 7720 \text{ € HT}$

3.8

Temps de retour : $Tr = \text{Investissement} / \text{Economie}$

$$Tr = (86\,500 + 10\,500) / 7720 = 97\,000 / 7720 = 12.5 \text{ ans}$$

3.9

L'option récupération de chaleur (97 000 €) représente 7,5 % du montant des travaux (1 300 000 €) ce qui n'est pas négligeable mais son amortissement se fera après 12 ans de fonctionnement ce qui est peu pour une installation de ce type.

Partie 4

4.1

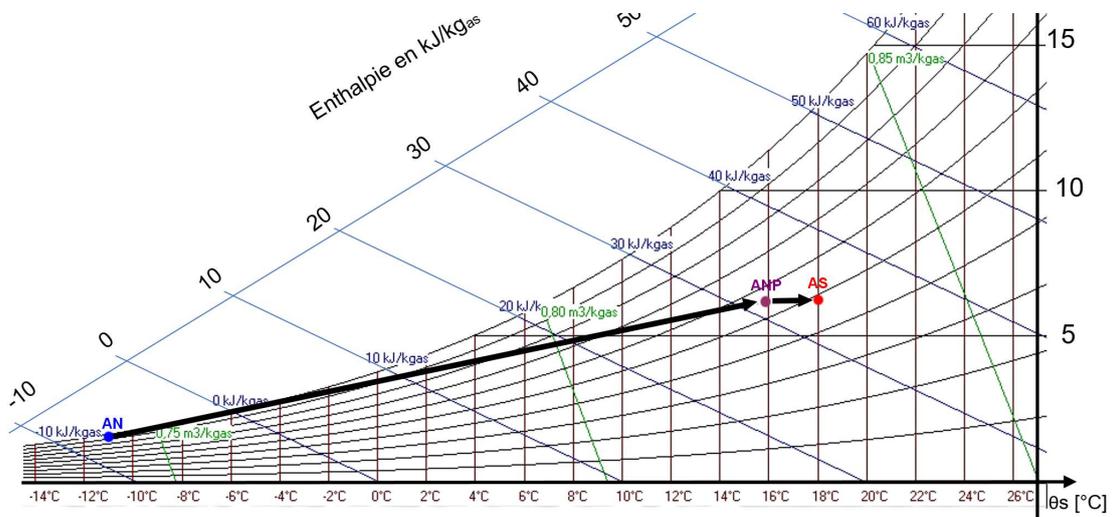
CTA 09 : CTA de préparation de l'air neuf pour les autres CTA .

CTA 07 et 08 : CTA terminales qui combattent les charges des locaux traités.

4.2

Le bipasse sert à recycler une grande partie de l'air repris car le débit d'air neuf est faible (1850 m³/h pour les 2 CTA 07 et 08) au regard du débit de reprise de la CTA 07 qui est de 6200 m³/h. L'air neuf est à sa valeur minimum pour favoriser les économies d'énergie.

4.3 CTA cas hiver



Points	Désignation	T _s [°C]	φ [%]	H [kJ/kg _{gas}]	r [g _e /kg _{gas}]
1	Entrée récupérateur	-11	95	8	2
2	Sortie récupérateur	15.8	55	32	6
3	Sortie Batterie Chaude	18	48	34	6

4.4

Evolution AN – ANP : récupérateur

Evolution ANP – AS : batterie chaude

Cf. tableau pour les caractéristiques

4.5

Bilan du nombre de personnes : $n = 37 + 65 = 102$ personnes

Débit volumique d'air neuf : $q_{VAN} = n \times q_{AN/pers} = 102 \times 18 = 1\,836 \text{ m}^3/\text{h}$ conforme CCTP

Débit massique : $q_{mAN} = q_{VAN} / v^s = 1836 / 0,84 = 2\,185 \text{ kg/h} = 0,607 \text{ kg/s}$

4.6

Justification échangeur rotatif : pas de sanitaires dans l'air repris.

Intérêt économique : meilleure efficacité qu'un récupérateur à plaques grâce au latent.

Intérêt technologique : aucun problème de gel en hiver.

Bien que moins précis par rapport aux attendus de la réponse l'argument « récupération /économie d'énergie » sera accepté.

4.7

Puissance cédée par le récupérateur :

$$Pr = q_{mAN} \times (h_{ANP} - h_{AN}) = 0,607 \times (32 - 8) = 14,57 \text{ kW}$$

Puissance fournie par la batterie chaude :

$$Pc = q_{mAN} \times (h_{AS} - h_{ANP}) = 0,607 \times (34 - 32) = 1,21 \text{ kW}$$

4.8

La batterie froide humide permet de déshumidifier l'air après mélange pour combattre les charges hydriques des visiteurs mais il le refroidit aussi. Il faut donc ensuite le réchauffer pour l'amener au point de soufflage.

4.9

Les charges sensibles représentent les apports de chaleur par les parois et les occupants. Elles augmenteraient la température des locaux s'il n'y avait pas de climatisation.

Les charges latentes représentent les apports en humidité par les occupants. Elles augmenteraient la quantité d'eau contenue dans l'air s'il n'y avait pas de climatisation.

4.10

Le CCTP précise que l'écart de soufflage ne doit pas dépasser 12°C.

Air repris (intérieur) à 27°C / Air soufflé à 21,1°C.

L'écart de soufflage est de $(27-21,1)^\circ\text{C} = 5,9^\circ\text{C}$

Il est bien respecté.

Partie 5

5.1

RT4 est un disjoncteur magnéto thermique qui permet de protéger le moteur contre les surcharges et les surintensités de court-circuit.

5.2

Les conditions nécessaires pour que la bobine KCV 7 soit alimentée sont :

- l'interrupteur manuel S1 fermé
- le contact relais DO-FC
- les contacts KDI7, KCF7, KDF7 et KDM7 sont fermés ce qui correspondant aux éléments détection incendie, clapets coupe-feu, détection de fumées, défaut moteur soufflage.

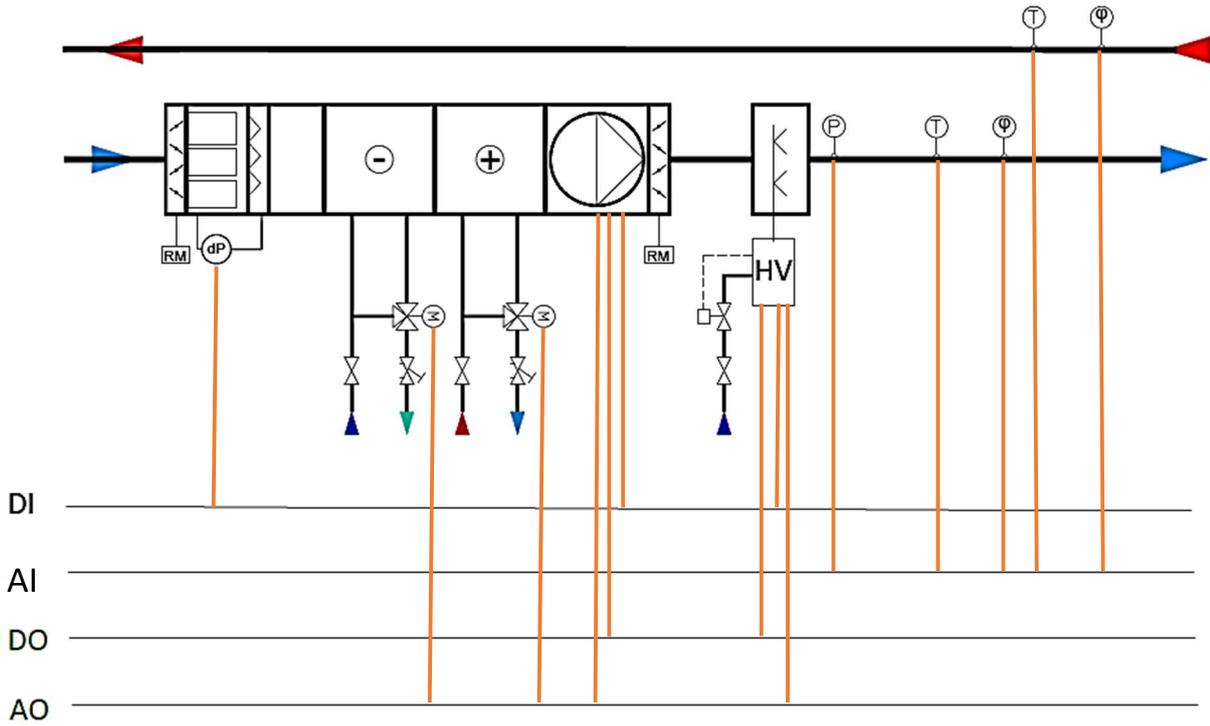
5.3

Les conditions complémentaires sont la détection des ouvertures des volets de soufflage et d'air neuf de la CTA 07 (contacts Po VS et Po VAN fermés)

5.4

Module	POINTS	Description du point	Nature du point			
			DI	AI	DO	AO
Module 1 (16 pts)	Point 1	- Marche ventilateur soufflage CTA 07	x			
	Point 2	- Défaut moteur ventilateur CTA 07	X			
	Point 3	- Filtre soufflage CTA 07 encrassé	X			
	Point 4	- Détection fumées CTA 07	X			
	Point 5	- Détection incendie	X			
	Point 6	- Détection fuite d'eau CTA 07	X			
	Point 7	- Clapets coupe feu	X			
	Point 8	- Défaut humidificateur vapeur	X			
	Point 9	- Hygrostat soufflage CTA 07	X			
	Point 10	- Arrêt urgence Kauv7 ?	X			
	Points 11 à 16	Autres points pour CTA 08 et 09				
Module 2 (16 pts)	Point 1	- Hygrométrie soufflage CTA 07		X		
	Point 2	- Température soufflage CTA 07		X		
	Point 3	- Hygrométrie reprise CTA 07		X		
	Point 4	- Température reprise CTA 07		X		
	Point 5	- Pression soufflage CTA 07		X		
	Points 6 à 16	Autres points pour CTA 08 et 09				
Module 3 (8 pts)	Point 1	- Pilotage 0 à 100 % moteur soufflage CTA 07				X
	Point 2	- Vanne 3 voies BC CTA 07				X
	Point 3	- Vanne 3 voies BF CTA 07				X
	Point 4	- Pilotage 0 à 100 % humidificateur CTA 07				X
	Points 5 à 8	Autres points pour CTA 08 et 09				
Module 4 (8 pts)	Point 1	- M/A Ventilation CTA 07			X	
	Point 2	- M/A Humidificateur CTA 07			X	
	Points 3 à 8	Autres points pour CTA 08 et 09				

5.5



5.6

