

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
FLUIDES ÉNERGIES DOMOTIQUE**

U.41 ANALYSE ET DÉFINITION D'UN SYSTÈME

SESSION 2019

DUREE : 4 HEURES

COEFFICIENT : 4

CORRECTION

PARTIE	TITRE	Temps conseillé
	Lecture du sujet	20 min
1	Analyse du système de production d'énergie	45 min
2	Analyse du système de production d'ECS	30 min
3	Etude de la CTA de la salle du conseil	60 min
4	Etude du réseau batterie chaude de la salle du conseil	45 min
5	Gestion des ventilo-convecteurs	40 min

Hôtel de Ville



PREMIÈRE PARTIE : ANALYSE DU SYSTÈME DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

Temps conseillé : (45 minutes)

Objectif : Dans cette partie, on vous propose d'analyser la pertinence des choix retenus par le bureau d'études en ce qui concerne les équipements de la production de calorifique et frigorifique du bâtiment.

ANALYSE DES SOLUTIONS TECHNIQUES RETENUES

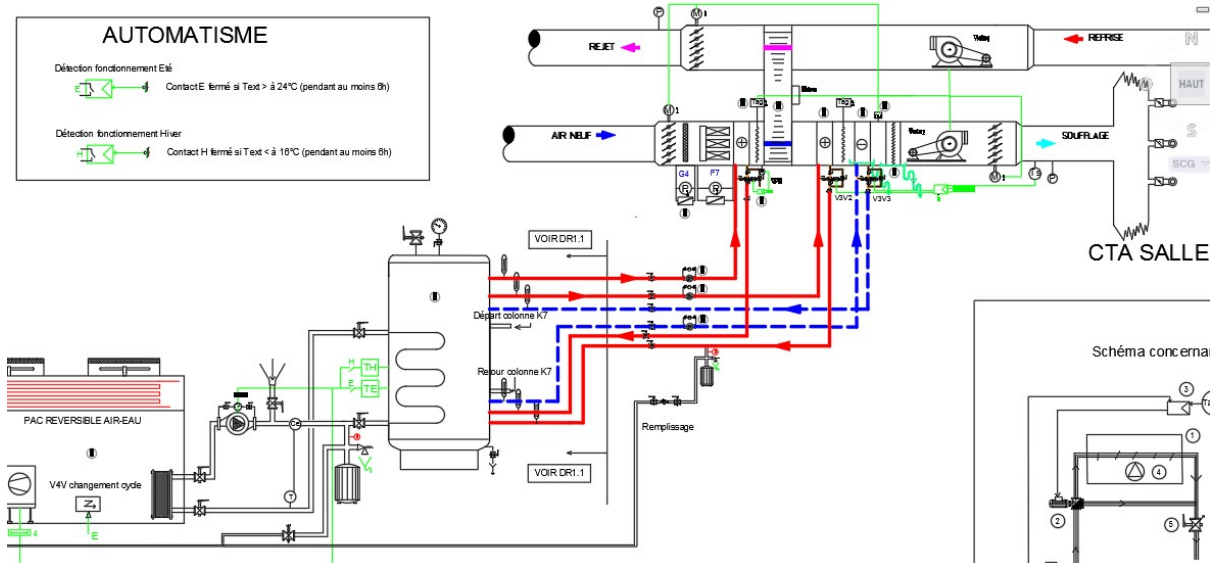
Question 1.1.

Quelle est la signification des termes « CCTP » et « ERP » ?

- **Cahier des Clauses Techniques Particulières, il s'agit d'un descriptif complet et détaillé de l'ouvrage à réaliser. Le C.C.T.P. est produit par le maître d'œuvre et fait partie du D.C.E. (dossier de consultation des entreprises).**
- **Les établissements recevant du public (ERP) sont constitués de tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes extérieures sont admises, en plus du personnel. Peu importe que l'accès soit payant ou gratuit, qu'il soit libre, restreint ou sur invitation. Les ERP sont classés en types et en catégories qui définissent les exigences réglementaires**

Question 1.2. (DR 1-1 page 16/23 et DR 1-2 page 17/23).

Sur les documents réponses DR 1-1 page 16/23 et DR 1-2 page 17/23, identifier les réseaux d'eau alimentant la CTA. Surligner en rouge les réseaux utilisés en mode chauffage et en bleu les réseaux utilisés en mode rafraîchissement. Indiquer par des flèches le sens de circulation.



Question 1.3. (DR 1-1 page 16/23 et DR 1-3 page 18/23).

Donner la désignation et la fonction des éléments numérotés 23, 24, 25, et 27 sur les schémas de principe des DR 1-1. Compléter le document réponse DR 1-3 page 18/23.

Repères	Noms	Fonctions
23	Compteur d'énergie	Mesure l'énergie récupérée par le système solaire
24	Echangeur	Permet de transmettre l'énergie récupérée par le circuit solaire au circuit alimentant l'échangeur du ballon en séparant les fluides pour des raisons de sécurité (circuit solaire glycolé)
25	Mitigeur thermostatique	Permet de limiter la température de départ de l'ECS (ou eau mitigée) pour éviter les risques de brûlure

Question 1.4. (DR 1-1 page 16/23).

Identifier l'élément 27. Quel est son rôle ? S'il n'était pas mis en œuvre, quelle conséquence cela aurait-il sur la PAC ?

L'élément 27 est le ballon tampon.

Il permet de stocker l'énergie afin d'éviter les courts cycles sur la PAC.

Les courts cycles provoquent une usure prématurée de la PAC.

Justifier le raccordement de la pompe 38 en partie basse de l'élément 27.

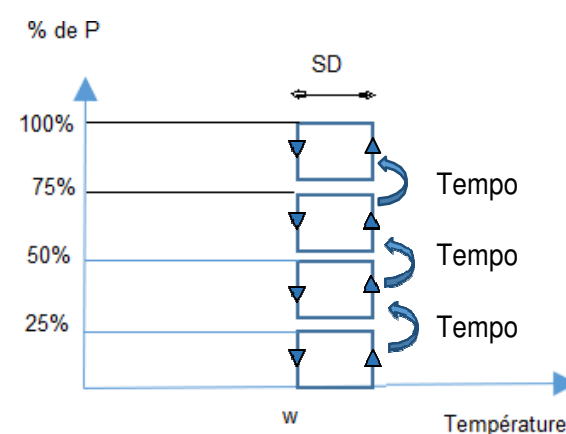
Fonctionnement en mode froid. La stratification du ballon oblige à raccorder la pompe en bas du ballon pour utiliser l'eau la plus froide, retour en haut du ballon.

Question 1.6. (DT 1-1 page 12/23).

En vous appuyant sur le DT 1-1 page 12/23 expliciter la manière dont la puissance frigorifique est modulée. Identifier la grandeur

Proposer sous forme d'un graphe d'action une solution de pilotage de cette puissance en fonction de la grandeur réglée.

La PAC possède 4 compresseurs qui sont régulés en cascade de 25 % de puissance par compresseur. La grandeur réglée est la température départ ou retour Eau Glacée.



Question 1.7.

La PAC est équipée d'un contrôleur de débit. Donner la fonction de cet élément et lister les actions générées par l'automate de la PAC lorsqu'une situation à risque est constatée grâce à cet élément.

Le contrôleur de débit détecte un débit insuffisant.

Il peut détecter un manque d'eau ou une absence de débit due au non-fonctionnement de la pompe primaire.

En cas de débit insuffisant, il empêche le démarrage de la PAC. L'automate devra alors :

- stopper le compresseur,
- allumer le voyant de dysfonctionnement,
- prévenir le technicien de maintenance pour intervention.

DEUXIÈME PARTIE : ANALYSE DU SYSTÈME DE PRODUCTION D'ECS

Temps conseillé : (30 minutes)

Objectif : Dans cette partie, on vous propose de valider la pertinence technique et économique des choix retenus par le bureau d'études, en ce qui concerne les équipements de la production d'eau chaude sanitaire.

ANALYSE TECHNICO-ÉCONOMIQUE

Question 2.1.

Pour déterminer le surinvestissement nécessaire à la mise en œuvre de la solution solaire, calculer :

2.1.1 Calculer l'investissement TTC de la solution solaire sans subvention.

$$6\,120 \times 1,2 = 7\,344 \text{ €}$$

2.1.2 Calculer le montant de la subvention

$$4\,900 \times 0,3 = 1\,470 \text{ €}$$

2.1.3 En déduire le surinvestissement dû à la solution solaire.

$$7\,344 - 1\,470 - 3\,200 = 2\,674 \text{ €}$$

Question 2.2.

Déterminer le montant de l'économie annuelle d'électricité lié à la mise en œuvre de la solution solaire.

$$\text{Economie } 3\,931 \text{ kWh apportés par l'énergie solaire soit } 3\,931 \times 0,14 = 550,34 \text{ €}$$

Question 2.3.

Le client est prêt à investir dans la solution solaire si le temps de retour sur investissement est inférieur à 5 ans. Vérifier, en justifiant votre démarche, que la solution proposée par le bureau d'études est capable d'atteindre ces objectifs.

$$\text{Temps de retour sur investissement} = \frac{\text{Surinvestissement}}{\text{Economie annuelle}} = \frac{2\,674}{550,34} = 4,86 \text{ ans} < 5 \text{ ans donc on atteint bien les objectifs.}$$

GESTION TECHNIQUE DU CHAUFFE EAU SOLAIRE

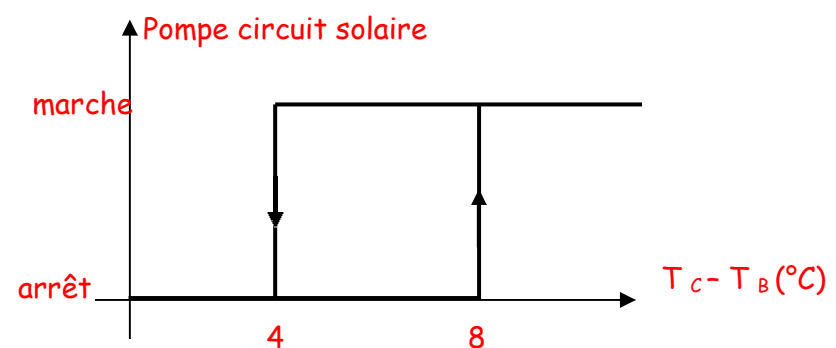
Question 2.4.

En vous appuyant sur le schéma DR 1-1 page 16/23, proposer une logique de fonctionnement décrivant le pilotage de la pompe solaire en fonction des valeurs de température mesurées par les sondes TC (capteur) et TB (ballon).

La pompe solaire est pilotée en fonction de la différence de température entre T_C et T_B afin d'être sûr que l'apport d'énergie dans le ballon sera significatif.

Lorsque la valeur ($T_C - T_B$) est suffisante (> 6 à 8 °C), les pompes primaires et secondaires sont actionnées.

Lorsque la valeur ($T_C - T_B$) est insuffisante (< 2 à 4 °C), les pompes primaires et secondaires sont arrêtées.



TROISIÈME PARTIE : ÉTUDE DE LA CTA DE LA SALLE DU CONSEIL

Temps conseillé : (60 minutes)

Objectif : Dans cette partie, on vous propose d'analyser la pertinence technique du choix retenus par le bureau d'études, en ce qui concerne la ventilation de la salle du conseil.

ANALYSE DES SOLUTIONS TECHNIQUES RETENUES

Question 3.1. (DT 3-1 page 13/23)

A l'aide de l'extrait de réglementation DT 3-1 page 13/22 et de l'extrait du D.C.E. ci-dessus, justifier le débit de ventilation préconisé par le maître d'œuvre.

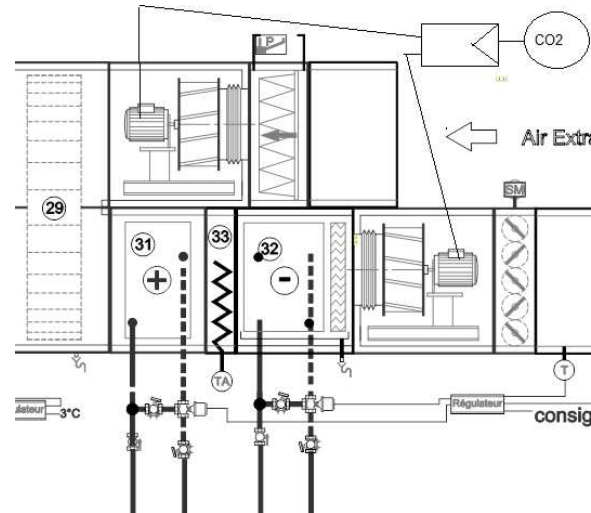
La réglementation des ERP pour des locaux de ce type préconise 18 m³/h et par personne.

La salle du conseil peut accueillir 60 personnes, soit un débit réglementaire de :

60 x 18 = 1 080 m³/h, ce qui correspond au débit préconisé dans le CCTP.

Question 3.2. (DR 1-2 page 17/23)

Les débits de ventilation de la CTA peuvent être asservis à l'occupation via la mesure du taux de CO₂. Compléter le schéma de principe DR 1-2 page 17/23 pour y faire apparaître les éléments nécessaires à cet asservissement.



Question 3.3. (DR 1-2 page 17/23, DR 3-1 page 18/23).

Donner la désignation et la fonction des éléments numérotés 28 et 35 sur les schémas de principe du DR 1-2 page 17/23. Compléter le document réponse DR 3-1 page 18/23.

Repères	Noms	Fonctions
28	Pressostat différentiel	Vérifie l'encrassement du filtre (alarme technique)
35	Batterie de préchauffage à eau	Permet de chauffer l'air à 3°C pour éviter tout risque de gel de l'échangeur à roue

Question 3.4. (DR 1-2 page 17/23)

Décrire la fonction de l'élément 33 représenté sur le document réponse DR 1-2 page 17/23. Lister les actions générées par l'automate de la CTA lorsqu'une situation à risque est constatée grâce à cet élément.

Le thermostat antigel n°33 a pour utilité de protéger les batteries en cas de non fonctionnement de l'échangeur rotatif et de la batterie de préchauffage ; en cas de risque de givre, il déclenche la mise à l'arrêt des ventilateurs de soufflage et de reprise, fermeture du volet d'AN et génère une alarme sur la GTC.

Question 3.5. (DR 1-2 page 17/23)

Quel composant de sécurité non représenté sur le schéma de principe de la CTA et conditionnant l'alimentation en eau des batteries chaudes et froides est-il indispensable de prévoir ? Justifier.

Il est indispensable de prévoir des contrôleurs de débit d'air. En effet, en absence de débit d'air soufflé ou repris, aucun traitement thermique d'air ne doit être autorisé,

Question 3.6.

Concernant la CTA, citer 2 documents techniques qui devront être obligatoirement présents dans le DOE..

Dans le Dossier des Ouvrages Exécutés, il sera indispensable de trouver : le schéma de principe des systèmes, le schéma de câblage électrique et des automates, le cahier de maintenance des systèmes avec le PV d'installation, la documentation technique.

Barème proposé:

ÉTUDE DE L'ÉCHANGEUR ROTATIF

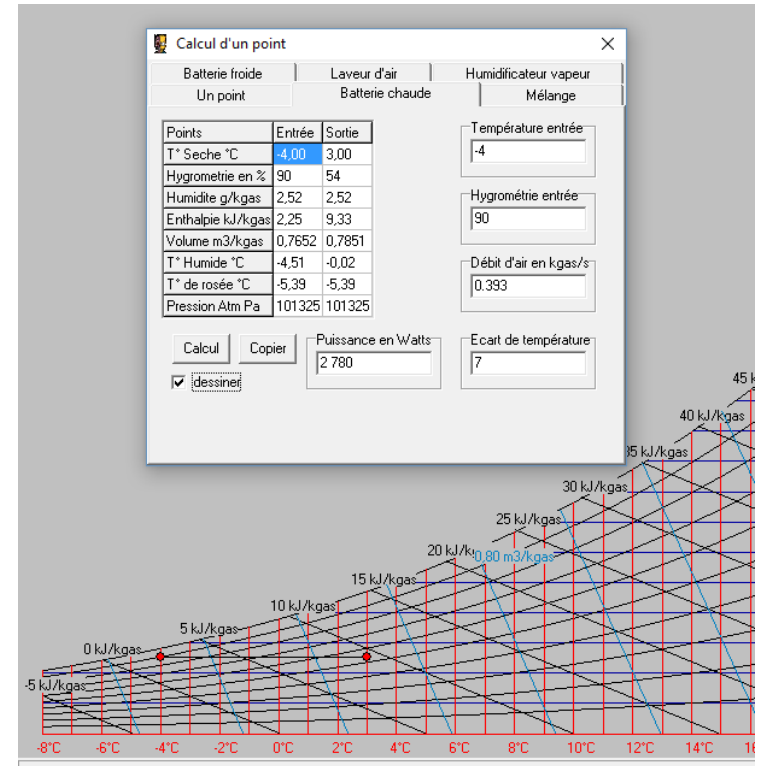
Question 3.7. (DR 3-2 page 19/23).

Sur le diagramme de l'air humide fourni en DR 3-2 page 19/23, tracer en justifiant vos démarche les évolutions de l'air dans la CTA en situation hivernale de base. Et conclure sur le risque de création de givre sur l'échangeur rotatif.

On a une sortie de la batterie de préchauffage à 3 °C, aucun risque de givre n'est donc à craindre. L'air intérieur ne sera jamais en contact avec de l'air à température négative.

Voir sur les diagrammes ci-après.

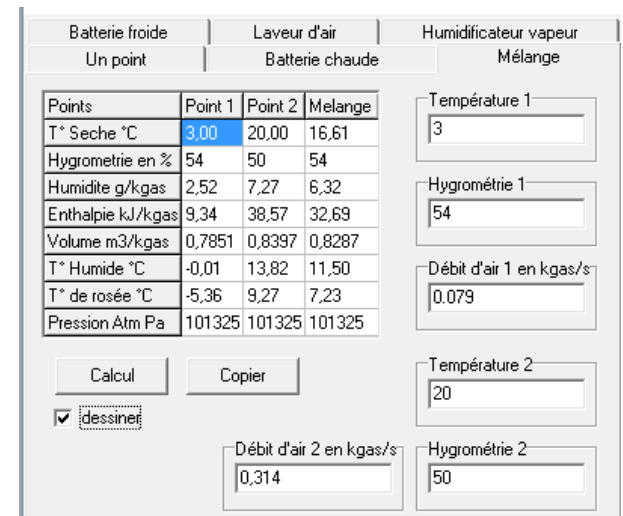
Batterie de préchauffage : de -4 °C à 3 °C.



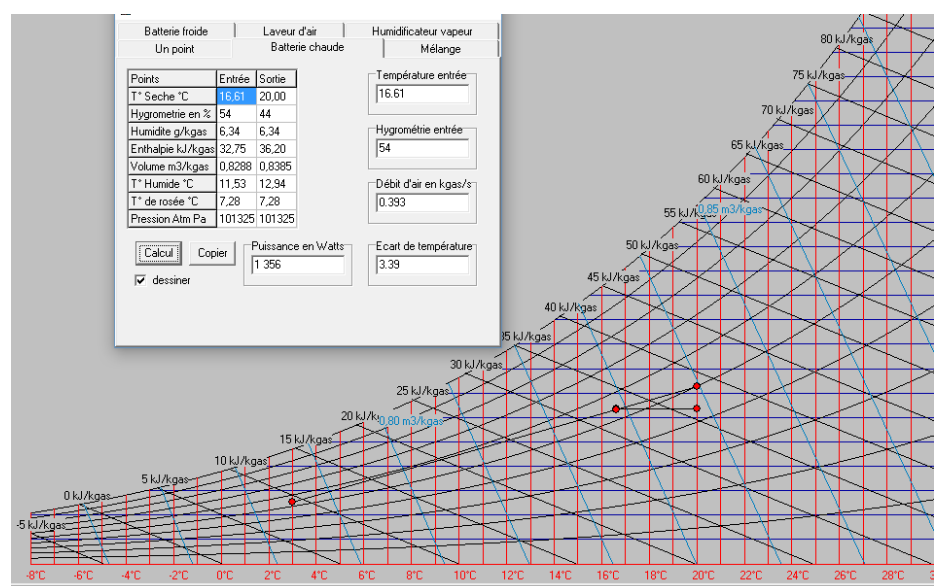
Pour le tracé dans l'échangeur rotatif, on suppose que les conditions intérieures sont de 20 °C et 50 % d'humidité relative. L'efficacité de l'échangeur rotatif est de 80 %, on en déduit :

$$E = \frac{T_{E''} - T_{E'}}{T_1 - T_{E'}} \text{ donc } T_{E''} = E \times (T_1 - T_{E'}) + T_{E'} = 0,8 \times (20 - 3) + 3 = 16,6 \text{ °C}$$

L'air sort donc de l'échangeur rotatif à 16,6 °C et résulte du mélange de E' et de I.



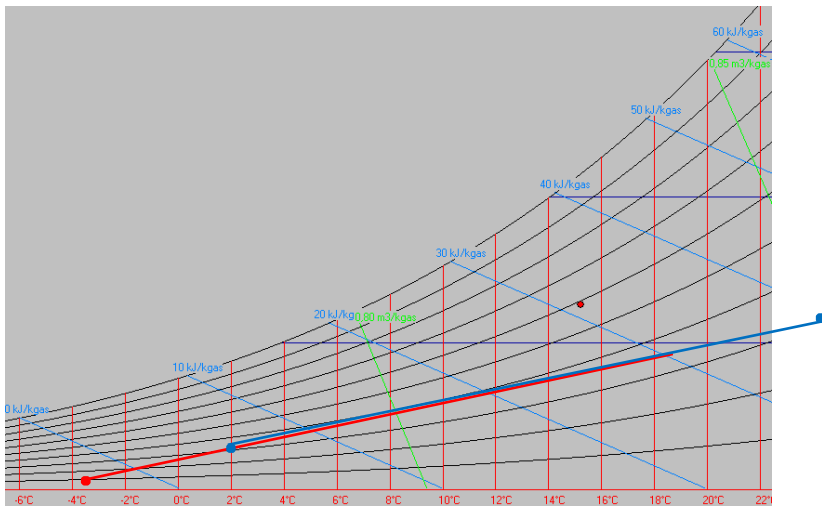
Pour la batterie chaude, on sort de l'échangeur et on chauffe en air neutre à 20 °C dans la pièce.



Question 3.8. (DR 3-2 page 19/23).

Dans ces conditions de fonctionnement le risque d'apparition de givre sur l'échangeur rotatif est-il possible ? Justifier votre réponse.

Le risque de givre est réel sur l'extraction d'air : la température de la roue étant inférieure à 0 °C (-4 °C) et en dessous de la température de rosée de l'air intérieur, une condensation va avoir lieu dans la partie extraction, qui va geler sur la roue.



En réalité le bureau d'études a choisi de supprimer l'élément 35 dans son projet définitif.

Question 3.9.

Justifier pourquoi malgré ces conditions de fonctionnement l'obstruction de l'échangeur rotatif par le givre n'est pas possible.

Malgré le risque de givre, la rotation de la roue va entraîner son réchauffage progressif et donc la fonte de la partie givrée. De l'eau liquide va s'écouler et doit être évacuée en bas de l'échangeur rotatif.

ÉTUDE DE LA GTC

Question 3.10. (DR 1-2 page 17/23, DT 4-1 page 14/23, DR 3-3 page 20/23).

Le maître d'œuvre vous demande de préparer le cahier des charges pour l'utilisation d'une GTC gérant la CTA (capteurs, actionneurs et alarmes techniques). Les alarmes techniques ne sont pas reportées sur l'armoire électrique, mais uniquement sur la supervision. A partir du DR 1-2 page 17/23, du DT 4-1 page 14/23, effectuer le bilan des entrées et sorties en complétant le tableau réponse DR 3-3 page 20/23.

Repère	AI	AO	DI	DO
Thermostat antigel batterie de préchauffage			X	
Thermostat antigel batterie de préchauffage			X	
Pressostat pré filtre air neuf			X	
Pressostat filtre air neuf			X	
Pressostat filtre air repris			X	
Défaut Circulateur 36			X	
Défaut Circulateur 37			X	
Défaut Circulateur 38			X	
Marche arrêt			X	
PT100 sonde de préchauffage	X			
PT100 sonde de soufflage	X			
Sonde de Co2	X			
V3V batterie chaude de préchauffage				X
V3V batterie chaude soufflage				X
V3V batterie froide soufflage				X
Ordre de marche ventilateur de soufflage				X
Ordre de marche ventilateur de reprise				X
Pilotage ventilateur de soufflage		X		
Pilotage ventilateur de reprise		X		
Servomoteur Air neuf				X
Servomoteur Air soufflé				X
Servomoteur Air repris				X
Moteur Echangeur rotatif		X		

**QUATRIÈME PARTIE : ÉTUDE DU RÉSEAU BATTERIE CHAUDE
DE LA SALLE DU CONSEIL**
Temps conseillé : (45 minutes)

Objectif : Dans cette partie, on vous propose d'analyser la pertinence technique du choix retenu par le bureau d'études, pour moduler la puissance des batteries de la CTA.

Extrait du D.C.E. :

Le circulateur n°37 n'alimente que la batterie chaude de la CTA de la salle du conseil. Il fonctionne en permanence en hiver.

Caractéristiques techniques du circuit :

- Le débit masse d'eau est de $0,4 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$
- La perte de charge de la vanne trois voies en pleine ouverture est de 35 kPa.

RÉGULATION DE LA PUISSANCE BATTERIE

Question 4.1. (DR 1-2 page 17/23).

Quelle grandeur physique est régulée grâce la vanne trois voies modulant la puissance de la batterie chaude?

Il s'agit d'une vanne mélangeuse montée en décharge inversée. La grandeur physique régulée est le débit d'eau circulant dans la batterie chaude.

Une variante à la solution technique retenue serait de supprimer la vanne trois voies et d'utiliser uniquement un circulateur à vitesse variable.

Question 4.2. (DR 1-2 page 17/23).

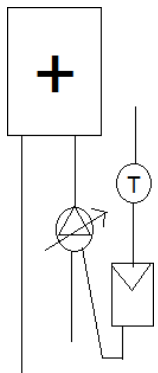
Identifier au moins deux avantages présentés par cette variante.

Pour la correction, on sera vigilant à ce que les critères de stabilité, précision et temps de réponse de la régulation, ainsi que les coûts d'exploitation et l'impact environnemental soient bien utilisés.

GESTION TECHNIQUE DE LA POMPE DANS LE CADRE DE LA VARIANTE

Question 4.3.

Proposer sur votre copie un schéma de principe de la régulation de la puissance de la batterie chaude, si on applique la variante évoquée dans la question précédente.



La vitesse de la pompe est pilotée directement en fonction de la température de soufflage

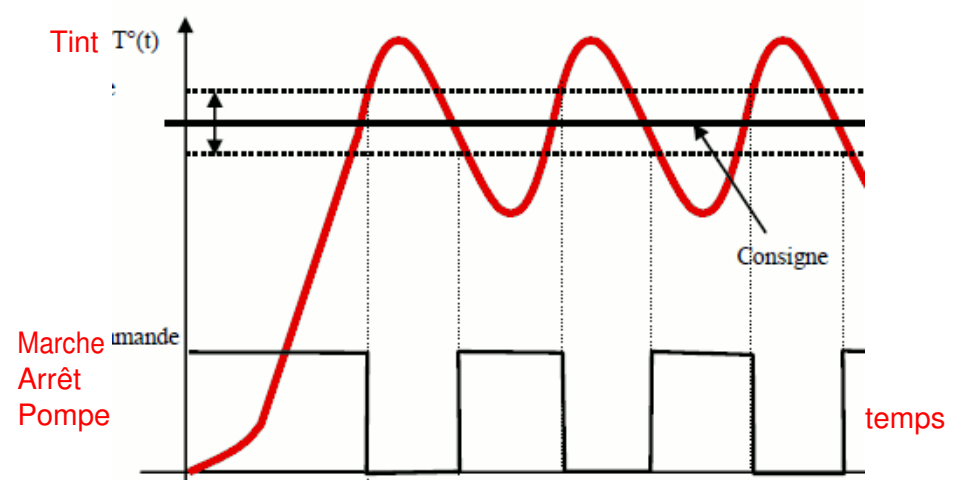
Question 4.4.

En supposant que le débit de la pompe soit régulé en tout ou rien, l'évolution temporelle de la température de soufflage aura un comportement de type « pompage ». Expliquer par un graphique ce phénomène et les conséquences sur le confort des occupants.

Le graphique proposé doit montrer :

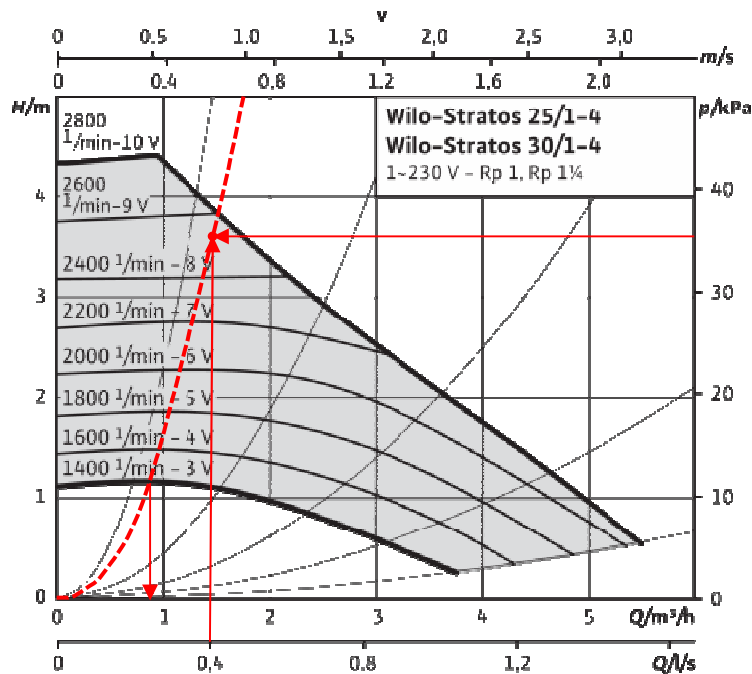
- Le temps en abscisse
- La variation de la température intérieure en ordonnée
- La variation sinusoïdale de la température mesurée en fonction du temps.
- Une température de consigne

La température intérieure n'est pas stable : elle oscille entre une valeur mini et une valeur maxi (pb de confort)



Question 4.5. (DR 4-1 page 21/23).

En supposant que la perte de charge totale du réseau soit de 35 kPa, positionner le point de fonctionnement nominal et tracer la courbe caractéristique du réseau sur le graphe du circulateur sélectionné en DR 4-1 page 21/23.



$\Delta P = Z \cdot qv^2$ donc $Z = 35 / 0,4^2 = 218,75$

qv [l/s]	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
ΔP [kPa]	0	2,19	8,753	19,7	35	54,7

En dessous de la tension de pilotage de 3V, le moteur est arrêté. Il ne redémarrera que si la tension de pilotage devient supérieure à 3V.

Question 4.6. (DR 4-2 page 21/23).

En exploitant le tracé précédent, indiquer quelle sera la plage de variation du débit en complétant le tableau du document réponse DR 4-2 page 21/23. Conclure sur la pertinence de ce mode de pilotage et le risque de « pompage » par rapport à un mode de pilotage TOR.

Tension de pilotage en V	Débit en m ³ ·h ⁻¹	Débit / Débit max en %
3	0,9	62,5
8,6	1,4	100

Ce mode de pilotage permet d'adapter le débit aux besoins lorsque ceux-ci sont compris entre 62,5 et 100% du débit nominal.

Cette variation progressive apportera plus de stabilité au système qu'une régulation TOR.

On souhaite utiliser cette variante (suppression des vanne 3 voies et utilisation de circulateurs à vitesse variable) pour les circulateurs 36, 37, 38, et l'intégrer au système de GTC.

WIT, le fabricant des modules de type « PLUG » gamme e@sy, indique dans sa documentation technique qu'il est possible de raccorder directement les circulateurs sans passer par des contacteurs. Le module PLUG 502 permet de le faire car ses contacts supportent un courant de 1A sous 230V. Les courants nominaux absorbés par les circulateurs restent inférieurs à cette valeur.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques des modules.

Entrées/Sorties	Module	Description
	PLUG 4.0.0.0	PLUG501 4 entrées T.O.R isolées – Alim. externe : 5-48VDC ou 24VAC
	PLUG 0.4.0.0	PLUG502 4 sorties T.O.R isolées – Pouvoir de coupure : 0,5A/48VDC – 1A/230VAC
	PLUG 0.0.4.0	PLUG503 4 entrées analogiques – Tension : 0-1VDC, 0-10VDC, 0-20VDC, Courant : 0-20mA, Sonde : Pt100, Pt1000, Ni1000, Résistance : 0-200Ω, 0-2000Ω, Résolution : 16 bits
	PLUG 7.0.0.0	PLUG505 7 entrées T.O.R – Alim. interne (contact sec)
	PLUG 0.0.2.2	PLUG511 2 entrées analogiques – Identique au PLUG 0.0.4.0 2 sorties analogiques isolées – Tension : 0-10VDC, Courant : 0-20mA (alim. externe 12VDC), Résolution : 8 bits
	PLUG 4.0.0.0 230V	PLUG512 4 entrées T.O.R – Alim. externe : 110-230VAC
	PLUG 0.7.0.0	PLUG513 7 sorties T.O.R isolées – Pouvoir de coupure : 0,5A/48VDC – 1A/24VAC

Question 4.7. En vous basant sur le schéma électrique DT 4-1 page 14/23, sur le tableau ci-dessus et dans le cadre de cette variante :

4.7.1 Donner la nature des entrées sorties nécessaires au pilotage d'un circulateur à vitesse variable ;

Pour piloter un circulateur à vitesse variable, il faut :

- une sortie digitale (contact capable d'alimenter le circulateur sous 230V) ;
- une sortie analogique 0 10V pour le pilotage du variateur de vitesse de la pompe,

4.7.2 Identifier les entrées sorties économisées (nombre et nature).

On peut économiser dans ce cas :

- **deux sorties digitales pour chaque V3V ;**
- **une sortie digitale pour chaque contacteur,**
-

4.7.3 En déduire le nombre et le type de modules « PLUG » à ajouter ou à retirer.

On obtient donc :

- **Besoins : 3 DO + 3 AO (3 pompes)**
- **Economies : 6 DO + 3 DO (3 V3V)**

Il nous manque donc 3 AO qui ne sont disponibles que sur les modules PLUG 511 au nombre de 2.

Il faut donc rajouter 2 PLUG 511.

Par ailleurs on économisera 2 PLUG502.

CINQUIÈME PARTIE : GESTION DES VENTILO-CONVECTEURS

Temps conseillé : (40 minutes)

Objectif : Dans cette partie, on souhaite réaliser la préparation de la mise en service des ventilo-convecteurs.

Extrait du D.C.E. :

Tableau bilan des émetteurs :

Système	Régime de température mode chaud	Régime de température mode froid	Pièces concernées
Ventilo-convecteurs plafonniers	45 / 39 °C	7 / 12 °C	Hall N+1, salle de réunion, salle de travail, bureau du maire, atelier info, salle de réunion commune et bureaux.

RÉGULATION DES VENTILO-CONVECTEURS PLAFONNIERS

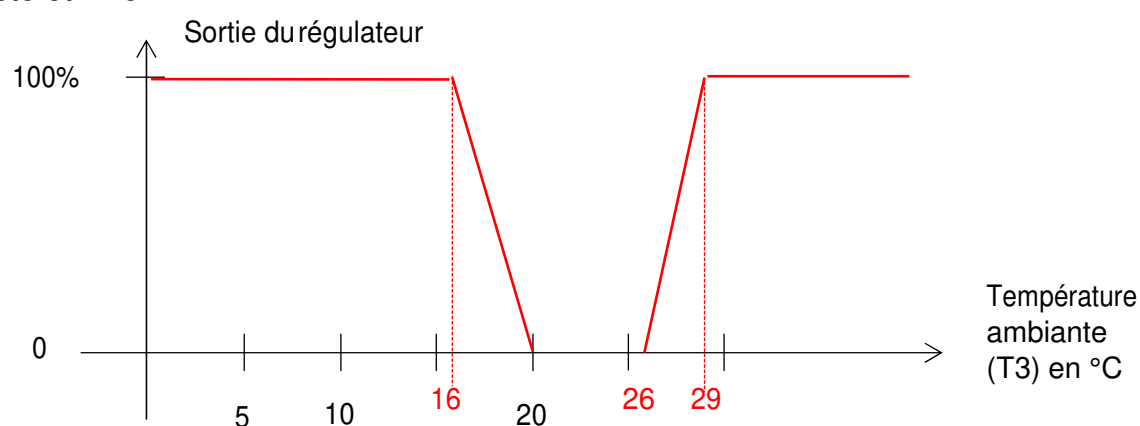
Question 5.1. (DR 1-2 page 17/23).

Expliquez le rôle du thermostat n°6.

Système « change over » : il mesure la température de l'eau dans le réseau et permet le changement du mode d'action du régulateur et le changement de consigne entre l'été et l'hiver.

Question 5.2. (DR 5-1 page 22/23).

La bande proportionnelle XP du régulateur 3 est de 4 °C en hiver et de 3 °C en été. Sur le DR 5-1 page 22/23, tracer le graphe d'action de ce régulateur en modes été et hiver.



Question 5.3. (DT 5-1 page 15/23 et DR 5-2 page 23/23).

A partir de la documentation technique DT 5-1 page 15/23, compléter le schéma électrique de manière à alimenter le régulateur, brancher le servomoteur et la sonde de température de reprise sur le DR 5-2 page 23/23.

