BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

FLUIDES ENERGIES DOMOTIQUE

U41 : ANALYSE ET DEFINITION D'UN SYSTEME

Session 2017

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

Matériel autorisé :

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Tout autre matériel est interdit

Documents à rendre avec la copie :

DR1 : Fonctionnement PAC 18
DR2 : Fiche d'essai pompe de charge PAC PMP01.2 19
DR3 : Diagramme enthalpique R410A 20
DR4 : Raccordement des points GTC 21
DR5 : Schéma de câblage de l'automate 22
DR6 : Diagramme psychrométrique 23
DR7 : Production ECS solaire 24

Documents techniques :

DT1 : Schéma de principe chaufferie 13
DT2 : Schémas électriques de l'armoire du local technique PAC 14
DT3 : CTA Salle Polyvalente 16

Chaque partie sera rendue sur une copie séparée

Décomposition du travail demandé	Temps conseillé
Lecture du sujet	20 min
Partie A : Performance du bâti et des équipements	30 min
Partie B : Production d'énergie	1h15
Partie C : Armoire électrique du local technique PAC	45 min
Partie D : Traitement d'air de la salle polyvalente	45 min
Partie E : Production d'ECS	25 min

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 24 pages numérotées de 1/24 à 24/24.

LYCEE MARC BLOCH

Présentation du projet :

Le projet étudié concerne le lycée Marc Bloch situé à Sérignan (34) et mis en service à la rentrée 2013 avec une capacité d'accueil de 1 600 élèves. Le permis de construire a été déposé en octobre 2010.

L'objectif du maître d'ouvrage a été de créer un bâtiment à très faible niveau de consommation. La consommation globale devra être inférieure aux exigences du référentiel BBC EFFINERGIE. Les besoins exprimés en énergie finale ne devront pas dépasser 10 kWh/m²$_{SHON}$ pour le chauffage et les consommations de tous les usages électriques (éclairage, bureautique, ventilation et auxiliaires, hors cuisine) devront également être inférieures à 10 kWh/m²$_{SHON}$.

Pour atteindre ces objectifs de très haute performance énergétique, les principales caractéristiques retenues sur le bâtiment sont les suivantes :

- Bâtiment à haut niveau d'isolation
- Ventilation double flux à haut rendement généralisée
- Equipements électriques performants : lampes basse consommation, ventilateurs performants,….

Présentation du site :

Le site est agencé de la manière suivante :

Fig.1 : Niveau RDC

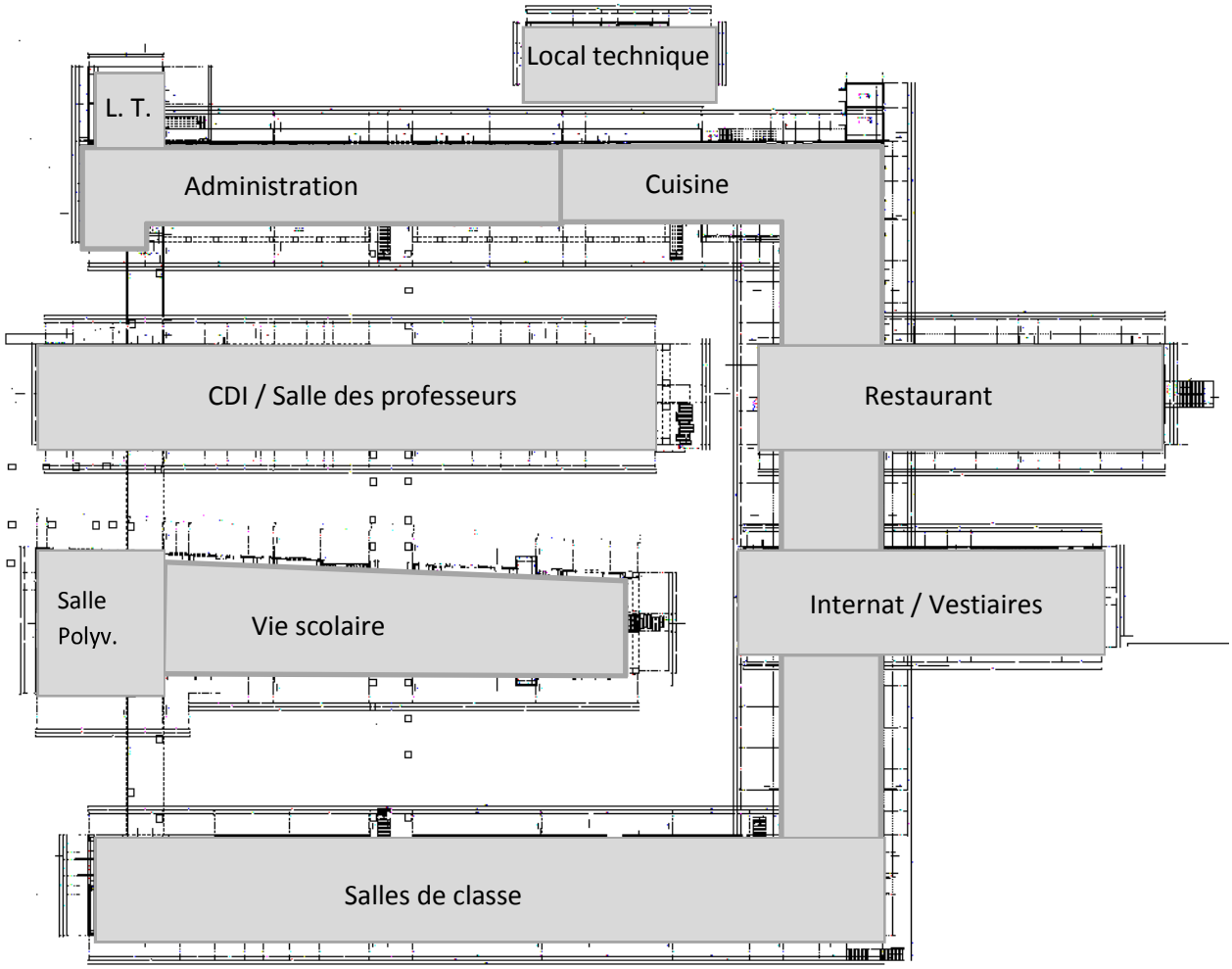
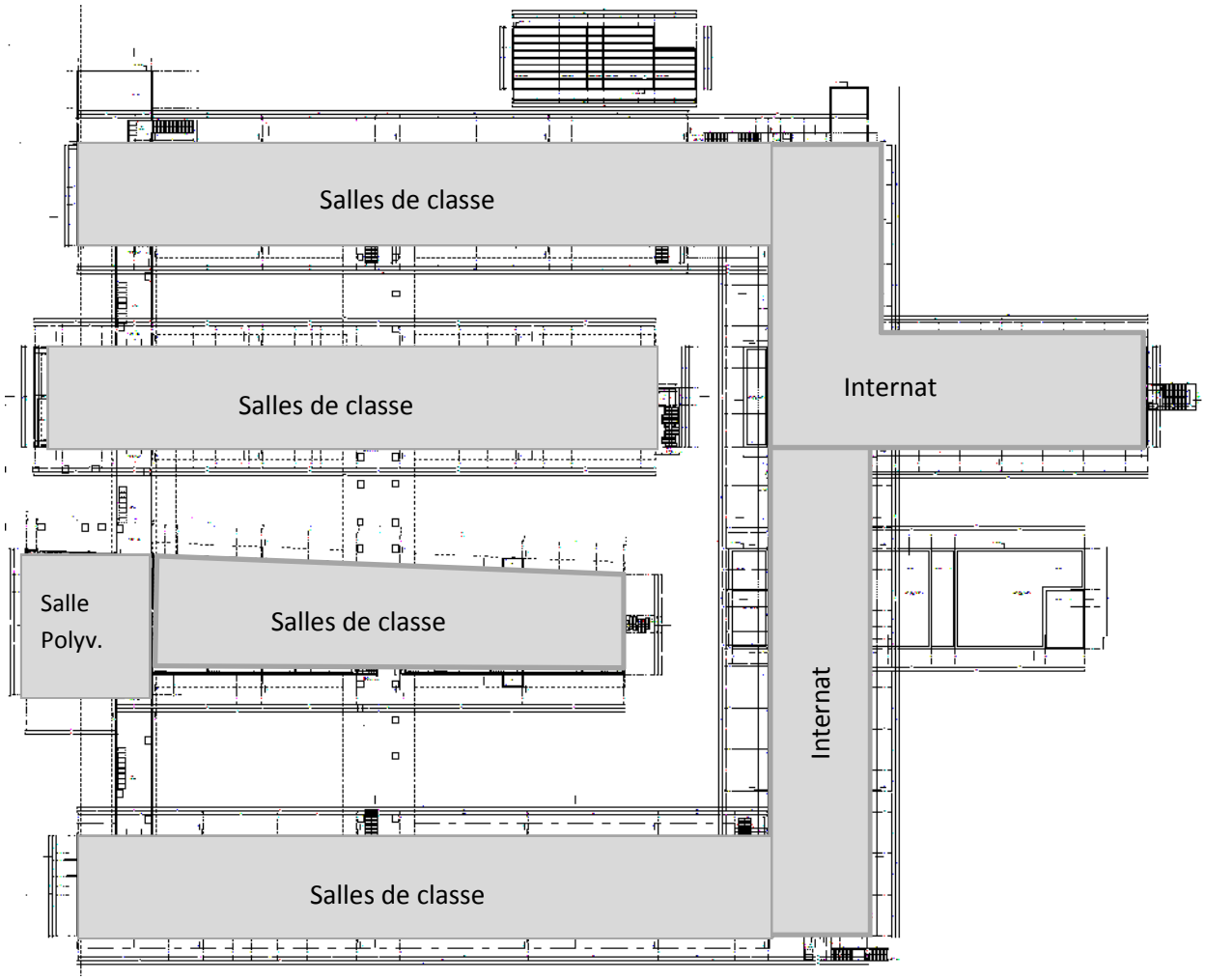


Fig. 2 : Niveau R+1



Description des équipements techniques :

Le chauffage et le rafraîchissement du lycée sont assurés par une PAC eau/eau d'une puissance de 200 kW couplée à une chaudière gaz à condensation de 400 kW.

L'émission de chaleur est réalisée de la manière suivante :

Locaux	Emission
Administration	Plancher chauffant/rafraîchissant – régulation pièce par pièce Air neuf prétraité par centrale double flux
Salles de classe / CDI	CTA double flux avec unités terminales à induction de type SPILOT'AIR équipée d'une batterie 2 tubes change over
Internat / Vestiaires / Vestiaires cuisine / Hall d'exposition	Radiateurs à eau chaude équipés de vannes 2 voies motorisées asservies à une sonde d'ambiance Air neuf prétraité par centrale double flux
Cuisine	Mise hors gel par plafonds rayonnants à eau chaude équipés de vannes 2 voies motorisées asservies à une sonde d'ambiance
Restaurant / Salle polyvalente	CTA double flux à échangeur récupérateur rotatif – Modulation air neuf / air repris en fonction de l'occupation

La production d'ECS de l'internat, des cuisines et des vestiaires est assurée par une installation solaire collective avec appoint gaz réalisé par un préparateur AO SMITH.

PARTIE A : Performance du bâti et gestion des équipements

Temps conseillé : *30 min.*

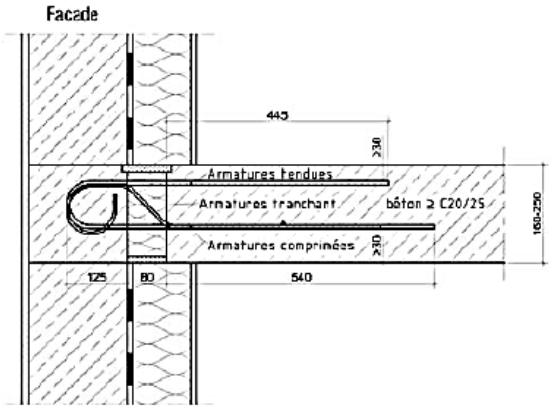
Objectifs : *L'objectif de cette partie est de montrer comment la performance énergétique du bâtiment peut être améliorée par la conception du bâti et la gestion des équipements.*

En vue de l'obtention du label BBC EFFINERGIE, la conception du bâti est particulièrement soignée. En voici 2 exemples :

Fig. 3 : Composition des murs extérieurs (de l'extérieur vers l'intérieur)

Matériau	Epaisseur	Performance thermique
Voile de béton	18 cm	$\lambda = 2$ [W.m^{-1}.°C^{-1}]
Laine de verre GR32	16 cm	$\lambda = 0,032$ [W.m^{-1}.°C^{-1}]
Lame d'air		R = 0,25 [m^2.°C.W^{-1}]
Fermacell	1,25 cm	$\lambda = 0,32$ [W.m^{-1}.°C^{-1}]
Résistance d'échanges superficiels		Rsi + Rse = 0,17 [m^2.°C.W^{-1}]

Fig. 4 : Traitement des ponts thermiques Murs extérieurs / Plancher intermédiaire

Plancher intermédiaire	*Ψ projet max*	*Ψ RT 2005*	*Gain*
	0,28 W/(m.K)	**0.6 W/(m.K)**	
Type Plancher en béton **Localisation** Périmètre étage	Rupteurs Thermiques Schöck Rutherma suivant Avis Technique 20/08-124*V2  *En fonction du modèle, les valeurs de Psi sont données entre 0,15 et 0,28.*		

De même, la gestion des bâtiments et de leurs équipements est primordiale.

A.1 Dans le cadre de la RT2005, la valeur de référence du coefficient U était de 0,40 [W.m^{-2}.°C.$^{-1}$] pour une paroi opaque verticale donnant sur l'extérieur. Vérifier la conformité des murs extérieurs du projet et préciser le gain réalisé par rapport à la valeur de référence (gain donné en pourcentage).

$$U = \frac{1}{R_{se} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + R_3 + \frac{e_4}{\lambda_4} + R_{si}} = \frac{1}{0,17 + \frac{0,18}{2} + \frac{0,16}{0,032} + 0,25 + \frac{0,0125}{0,32}} = \frac{1}{5,55} = 0,18 \text{ [W.m}^{-2}\text{.°C}^{-1}\text{]}$$

$$\text{Gain} = \frac{0,4 - 0,18}{0,4} = 0,55 \text{ soit un gain de 55 \%.}$$

A.2 Quel document est nécessaire pour prouver la conformité du bâtiment à la réglementation thermique ?

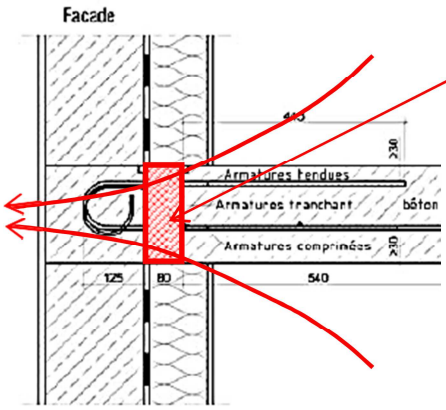
Une attestation de prise en compte de réglementation thermique délivrée après achèvement des travaux ou une étude thermique réalisée avec un logiciel conforme à la réglementation.

A.3 Qu'est-ce qu'un pont thermique ? Expliquer quelle disposition constructive a été choisie dans le cas de la liaison Murs extérieurs / Plancher intermédiaire.

Les ponts thermiques sont des points faibles de l'enveloppe, par lesquels s'écoule localement plus de chaleur que par les éléments adjacents.

Le pont thermique représenté est la liaison entre un mur de façade et un plancher intermédiaire.

Un rupteur de ponts thermiques a été utilisé. Il s'agit d'un élément constructif isolant et comportant des armatures acier pour assurer la liaison mécanique, positionné en about de plancher pour assurer une continuité d'isolation.



Rupteur de pont thermique assurant la continuité de l'isolation sur toute la périphérie du bâtiment

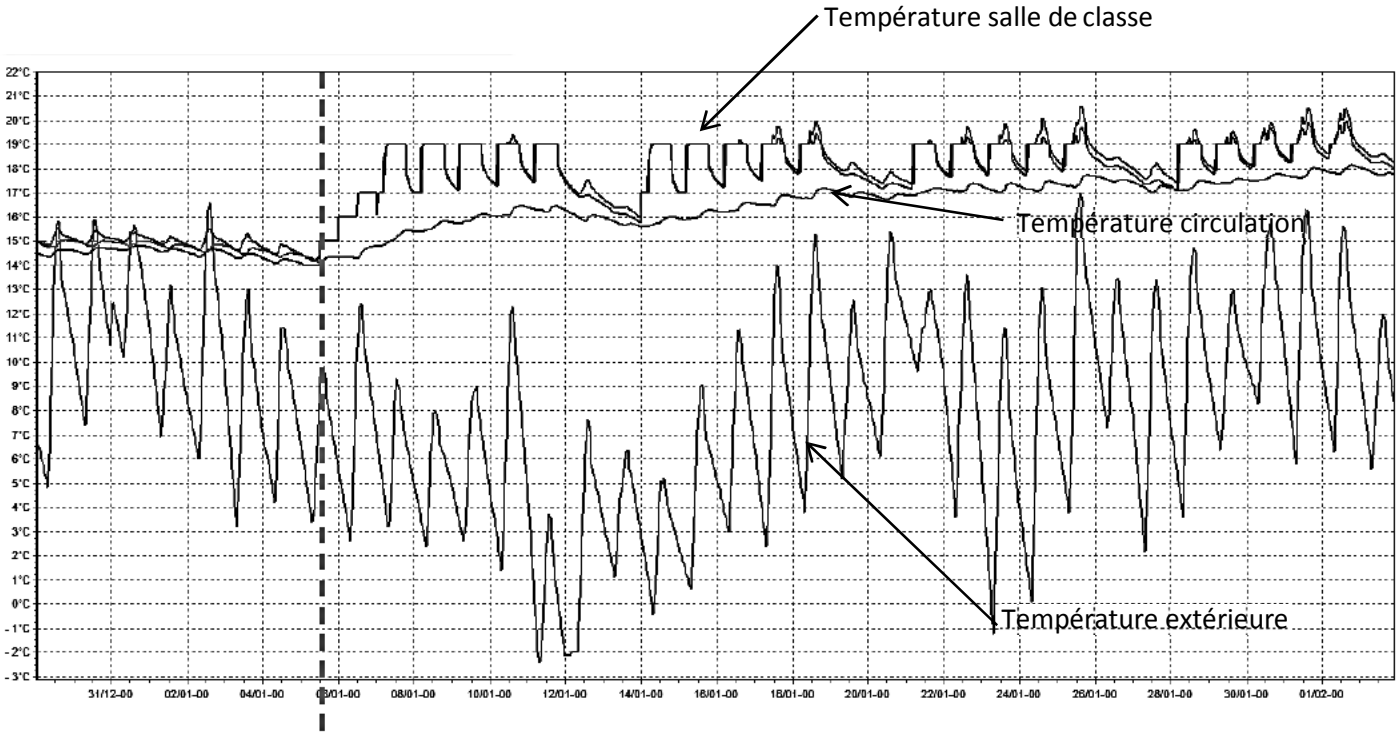
A.4 La simulation thermique dynamique ci-dessous montre l'évolution des températures relevées dans 2 salles de classe (Sud et Nord), dans les circulations ainsi que la température extérieure au mois de janvier, au moment de la reprise des cours. A partir du graphique, expliquer quels sont les choix relatifs aux intermittences qui ont été faits.

Pendant les vacances scolaires le bâtiment est maintenu à 15°C.

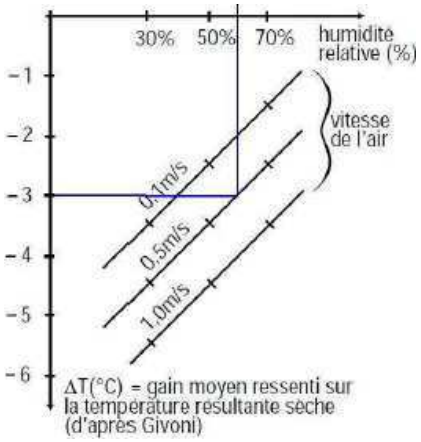
A la rentrée, une relance est mise en place environ 24 heures avant la reprise des cours pour atteindre 17°C.

En journée, les salles de classe sont maintenues à 19°C. La nuit, la température est abaissée à 17°C. Le week-end, il semblerait que le réduit soit porté à 15°C même si le graphique ne le fait pas apparaître car, les bâtiments étant très bien isolés, la durée est trop courte pour atteindre cette valeur de température.

Les circulations ne sont chauffées que par le transfert de chaleur depuis les salles de classe.



A.5 A la reprise des cours en septembre, la température dans les classes peut fréquemment dépasser 28 °C, générant ainsi un inconfort non négligeable. Afin d'améliorer le confort d'été, le bureau d'études ayant réalisé la simulation thermique dynamique propose la mise en place de 2 ventilateurs plafonniers dans les salles de classe. Expliquer comment la mise en place de ces brasseurs d'air peut améliorer le confort des occupants (vous pouvez vous appuyer sur le graphique ci-contre).



La situation de départ :

En septembre, la température et l'hygrométrie extérieure peuvent encore être élevées. Les bâtiments ont emmagasiné beaucoup de chaleur pendant tout l'été. L'occupation des salles contribue à augmenter la température et l'hygrométrie de l'air intérieur.

Le brassage de l'air augmente la vitesse de l'air et donc la convection à la surface de la peau. Cette convection augmente l'évacuation de la chaleur du corps. Elle favorise également l'évaporation de la transpiration. Cette évaporation nécessite un apport de chaleur qui est prélevée à la surface du corps et contribue donc à le rafraîchir.

Ainsi, on peut voir sur le graphique que pour une hygrométrie de 60 % et une vitesse de l'air de 0,1 m/s, la température ressentie par les individus est inférieure de 2°C à la température de l'air. Le confort est donc amélioré même si la température intérieure n'est pas modifiée.

PARTIE B : Production d'énergie

Temps conseillé : *1 h15.*

Objectifs : *L'objectif de cette partie est d'étudier la production d'énergie sur le plan énergétique, hydraulique ainsi que sur le plan de la régulation.*

La production d'eau chaude et d'eau glacée est assurée par une pompe à chaleur eau-eau fonctionnant au R410A située en local technique attenant au bâtiment A1 au rez-de-chaussée.

La pompe à chaleur est réversible et permet un fonctionnement en toutes saisons.

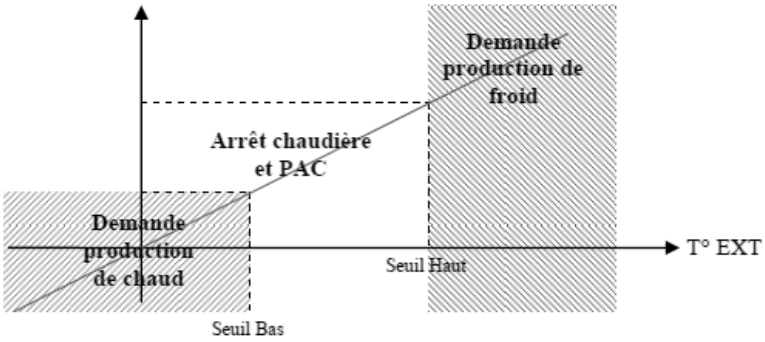
Les schémas de principe de la production d'énergie sont donnés dans le document technique DT1 page 13 et le document réponse DR1 page 18.

Conditions à maintenir :

Saison	Côté production		Réseau retour PAC		Réseau sondes géothermales	
Hiver	40,7 °C / 35 °C		9 °C / 13 °C		10 °C / 13 °C	
Eté	10 °C / 15 °C		30,6 °C / 25 °C		25 °C / 22 °C	
Débit	PMP01.2	30,8 m^3/h	PMP01.3	32,8 m^3/h	PMP01.4	60 m^3/h

Une chaudière assure le secours de la PAC ainsi qu'un complément de chauffage, la PAC étant dimensionnée pour couvrir 90% des besoins de chaleur. La chaufferie est située en local technique attenant au local PAC.

Un mode économique permet d'arrêter les systèmes Chaudière et PAC si la température extérieure est comprise entre un seuil haut et un seuil bas.



Le démarrage de la chaudière et de sa pompe de charge PMP01.1 est commandé si la température de retour du réseau de distribution est inférieure à 35°C. La température départ chaudière est régulée de la manière suivante :

- La température de départ est de 50 °C pour -7 °C extérieur
- La température de départ est de 35 °C pour 20 °C extérieur

Le brûleur est de type modulant.

La PAC et sa pompe de charge PMP01.2 ont un ordre de marche permanente.

Le fonctionnement des équipements Chaudière et PAC est asservi au fonctionnement de leur pompe de charge respective PMP01.1 et PMP01.2.

Les défauts suivants sont signalés par une alarme :

- Défaut brûleur
- Manque d'eau au niveau du collecteur retour : conduit à l'arrêt des pompes PMP01.1, PMP01.2, PMP01.5, PMP01.6 et PMP01.7
- Défaut Pompes PMP01.1 et PMP01.2 : mise en route de la pompe de secours

Les grandeurs suivantes sont simplement reportées sur la GTC :

- Comptage d'énergie

- Température aller-retour circuit primaire chaudière
- Comptage débit gaz
- Temps de fonctionnement moteur

Toutes les pompes bénéficient d'une permutation cyclique et sur défaut.

L'installation dessert 3 réseaux de distribution en change over :

Réseau			Régime hiver	Régime été
CO.1	Réseau CTA et éjecto-convecteurs		40 °C / 35 °C	10 °C / 15 °C
CO.2	Réseau Plancher chauffant/rafraichissant des bâtiments A1/A2		32 °C / 27 °C	18 °C / 21 °C
CO.3	Alimentation de la sous-station restauration et cuisine qui comporte 2 réseaux :		40 °C / 35 °C	10 °C / 15 °C
	CO.4	Réseau CTA des bâtiments	40 °C / 35 °C	10 °C / 15 °C
	CH.5	Réseau Radiateurs, plafond rayonnant et UTA	40 °C / 35 °C	

Tous les émetteurs sont équipés de vannes 2 voies motorisées.

Afin d'assurer un fonctionnement en sécurité, la température départ plancher chauffant est limitée à 37 °C en hiver et à 16 °C en été. Le non-respect de ces conditions conduit à l'arrêt de la pompe PMP01.6.

B.1 Justifier le choix d'une PAC Eau/Eau réversible.

Le système PAC eau/eau est celui qui présente les meilleures performances parmi les systèmes PAC car la source froide en hiver (forage géothermal) a une température constante. Ainsi les performances de la PAC ne dépendent pas des conditions climatiques extérieures et sont constantes tout au long de la saison de chauffe. De plus le COP est élevé car la température de la source froide se situe autour de 10-12 °C.

Ce système réversible a l'avantage d'assurer un rafraîchissement, ce qui est tout indiqué pour la situation géographique qui présente fréquemment des débuts et fins d'année scolaire chauds.

B.2 Sur le document réponse DR1 page 18, compléter les tableaux en précisant la nature des équipements E1 et E2 et en indiquant les valeurs des températures notées T_1 à T_6 pour le mode hiver et pour le mode été.

Voir DR1.

B.3 Quelle est la fonction des équipements référencés CPTCO1.1, CPTCO1.2, CPTCO1.5, CPTCO1.6, CPTCO1.7 sur les schémas de principe ? Expliquer le principe de fonctionnement.

Les éléments référencés CPTCO1.1, CPTCO1.2, CPTCO1.5, CPTCO1.6, CPTCO1.7 sur les schémas de principe sont des compteurs d'énergie. Leur fonction principale est de mesurer l'énergie thermique véhiculée par les différents réseaux (A l'exception du CPTCO1.1, tous les autres compteurs doivent pouvoir distinguer l'énergie en mode chauffage et en mode rafraîchissement).

Un compteur d'énergie possède 2 sondes de température (une sur l'aller et une sur le retour) et un compteur volumétrique d'eau. A partir de ces mesures, il calcule l'énergie véhiculée grâce à la relation : $Q = q.\ V.\ C_p.\ \Delta T$. Il donne l'énergie cumulée depuis sa mise en service. Il peut également calculer la puissance instantanée, le débit volumique d'eau.

B.4 On donne la fiche d'essai de la pompe de charge de la PAC dans le document réponse DR2 page19. Compléter la fiche avec les éléments manquants. Le débit est-il celui attendu ? Sinon, formuler une hypothèse quant aux causes de cet écart et proposer une action possible.

Voir DR2.

Le débit mesuré est inférieur au débit souhaité.

Note aux correcteurs : Une seule hypothèse attendue

Hypothèse 1 : la lecture sur les manomètres n'est pas assez précise. En effet, il faudrait avoir une H_{MT} de 5,65 mCE soit 0,565 bar. Une telle précision n'est souvent pas possible sur site. Dans ce cas, aucune action n'est à prévoir, le débit est considéré comme bon.

Hypothèse 2 : la vanne de réglage située en sortie de E1 est mal réglée. Il faut donc régler à nouveau cette vanne pour qu'elle crée moins de perte de charge (plus grande ouverture).

Hypothèse 3 : Une perte de charge anormale est survenue sur le circuit. Il faut donc chercher son origine (vanne partiellement fermée par exemple)

Hypothèse 4 : Dans le cas où la vanne de réglage est réglée à pleine ouverture, il s'agit là d'un problème de dimensionnement de la pompe lié à une différence entre le calcul de la perte de charge du réseau et la perte de charge réelle. Il convient d'accepter l'écart ou de changer la pompe.

B.5 Le champ de captage de l'énergie est composé de sondes géothermiques permettant de récupérer 40 W/ml. Chaque sonde a une longueur totale (aller + retour) de 90 m.

La puissance de production calorifique de la PAC est de 225 kW.

L'énergie nécessaire pour le chauffage est de 180 MWh/an. La PAC assure 90 % des besoins de chauffage avec un COP moyen de 4,5.

Les besoins de rafraîchissement sont de 43 MWh/an avec une EER moyenne de 5,5.

B.5.1 Evaluer le nombre de sondes nécessaires.

Puissance véhiculée par sonde = 40 x 90 = 3 600 W = 3,6 kW.

Puissance calorifique de la PAC = 225 kW

Puissance compresseur = $\frac{P_{calo}}{COP} = \frac{225}{4,5} = 50$ kW

Puissance frigorifique = $P_{calo} - P_{comp}$ = 225 – 50 = 175 kW

Il faut donc puiser 175 kW dans le sol, ce qui correspond à $\frac{175}{3,6} = 48,6$ soit 49 sondes.

B.5.2 Evaluer l'énergie puisée dans le sol en [kWh/ml.an].

L'énergie est puisée dans le sol pour satisfaire les besoins de chauffage.

Besoins de chauffage = 180 MWh/an

Energie calorifique à fournir par la PAC = 180 x 0,9 = 162 MWh/an

Energie électrique consommée par le compresseur = $\frac{162}{4,5} = 36$ MWh/an

Energie frigorifique = 162 – 36 = 126 MWh/an

Il faut donc puiser 126 MWh/an dans le sol soit $\frac{126\,000}{49 \times 90} = 28,6$ kWh/ml.an

B.5.3 Sachant qu'en été le système injecte dans le sol 11,5 [kWh/ml.an], conclure sur l'intérêt du raccordement en attente figurant sur le schéma de principe.

Le bilan énergétique du sol sur une année correspond à un puisage de 28,6 – 11,5 = 17,1 kWh/ml.an.

Au fil des ans, cela peut conduire à un épuisement énergétique du sol. Il est donc plus prudent de prévoir un raccordement qui permettra de recharger le sol en énergie (par exemple avec les panneaux solaires déjà présents sur le site).

B.6 Lors d'une visite de maintenance préventive hivernale, le technicien effectue les mesures suivantes sur la PAC :

- Pression mesurée à l'aspiration du compresseur : 7,5 bars
- Pression mesurée au refoulement du compresseur : 27 bars

Le diagramme enthalpique du R410A est donné dans le document réponse DR3 page 20 (le cycle tracé — fonctionnement PAC en mode rafraîchissement — n'est pas à exploiter dans cette question).

Ces pressions sont-elles compatibles avec les conditions à maintenir ? Justifier.

En l'absence de pertes de charge, la pression d'aspiration correspond à la pression d'évaporation, ce qui donne une température d'évaporation de 2°C (voir tracé de l'isobare sur le DR3). L'évaporateur doit assurer le refroidissement de l'eau de 13 °C à 9 °C. La température d'évaporation permet donc d'assurer le refroidissement désiré.

De même, la pression de refoulement correspond à la pression de condensation, ce qui donne une température de condensation 46°C (voir tracé de l'isobare sur le DR3). Le condenseur doit assurer le réchauffage de l'eau de 35 °C à 40,7 °C. La température de condensation permet donc d'assurer le refroidissement désiré.

Les pressions sont donc compatibles avec les conditions à maintenir.

B.7 A partir des informations fournies dans la description ci-dessus, repérer sur le schéma de principe du document réponse DR4 page 21 l'ensemble des capteurs et actionneurs qui doivent communiquer avec la GTC. Relier ces points aux différents repères en respectant la légende (Le compteur gaz, le pressostat de sécurité manque d'eau et le brûleur ont déjà été raccordés).

Pour info :

Capteurs		
Température extérieure	Télémesure	Entrée analogique
Température départ chaudière	Télémesure	Entrée analogique
Température retour chaudière	Télémesure	Entrée analogique
Compteur d'énergie	Télécomptage	Entrée TOR
Compteur gaz	Télécomptage	Entrée TOR
Température retour réseau distribution	Télémesure	Entrée analogique
Pressostat manque d'eau	Téléalarme	Entrée TOR
Actionneurs		
Brûleur gaz	Télécommande (M/A) Téléréglage (Variation de puissance brûleur) Téléalarme (défaut)	Sortie TOR Sortie analogique Entrée TOR
Pompe chaudière PMP01.1.A et B Pompe PAC PMP01.2.A et B	Télécommande (M/A) Téléalarme (défaut) Télésignalisation (permutation cyclique)	Sortie TOR Entrée TOR

Raccordement des points : Voir DR4.

B.8 D'après le schéma de principe du document technique DT1 page 13 une vanne 3 voies est raccordée sur le réseau CO.2 alors qu'il n'y en a pas sur le réseau CO.1 et CO.3.

B.8.1 Comment la puissance délivrée par les réseaux CO.1, CO.2 et CO.3 est-elle régulée ?

La puissance délivrée par les réseaux CO.1, CO.2 et CO.3 est régulée par variation du débit d'eau (vanne 2 voies motorisées au niveau des émetteurs + pompe à vitesse variable).

B.8.2 Quel est le type de montage de la vanne 3 voies sur le réseau CO.2 ? Quelle est sa fonction ?

La vanne 3 voies effectue un mélange. En hiver, elle permet d'abaisser la température départ dans les planchers chauffants par mélange avec l'eau de retour (l'eau arrive à 40 °C et doit être délivrée à 32 °C). En été, elle permet d'élever la température départ dans les planchers chauffants par mélange avec l'eau de retour (l'eau arrive à 10 °C et doit être délivrée à 18 °C).

B.8.3 Quelles sécurités supplémentaires doivent être prévues sur le réseau CO2 ?

Un thermostat de sécurité sur le départ plancher chauffant doit être prévu avec un seuil haut (37 °C) et un seuil bas (12°C). En cas de franchissement des seuils, la pompe PMP01.6 est mise à l'arrêt.

PARTIE C : Armoire électrique du local technique PAC

Temps conseillé : *45 min.*

Objectifs : *A travers l'analyse des schémas électriques de l'armoire du local technique PAC, l'objectif de cette partie est de comprendre la logique de fonctionnement des pompes.*

On donne dans le document technique DT2 pages 14 et 15 un extrait des schémas électriques de l'armoire ARM2 du local technique PAC et dans le document réponse DR5 page 22 le schéma de câblage de l'automate.

Le système PAC dans son ensemble est commandé par un commutateur « Arrêt - Marche automatique ». Ce commutateur doit être en mode « Marche automatique » pour que l'automate pilote les sorties.

Les pompes de charge ont un fonctionnement permanent. Leur fonctionnement est asservi à l'état de la PAC.

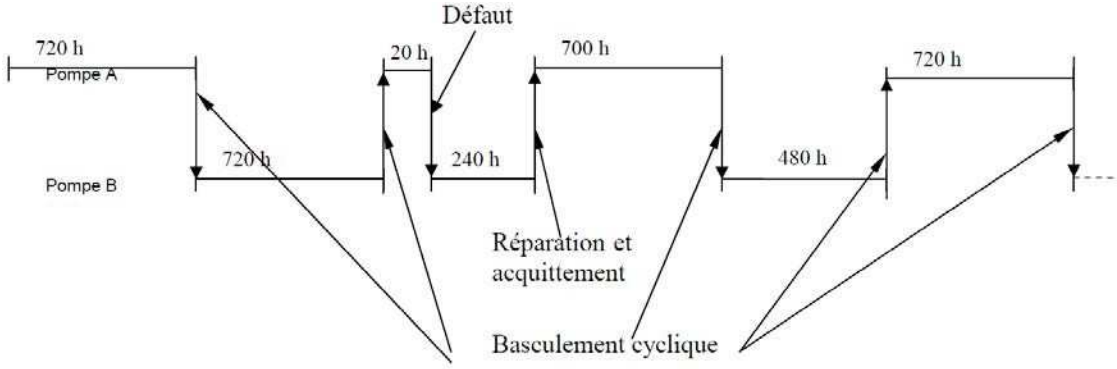
La séquence de démarrage est lancée par un ordre de marche depuis l'interface opérateur : elle conduit à la mise en marche de la pompe de charge prioritaire.

La séquence d'arrêt est lancée par un ordre d'arrêt depuis la supervision ou sur défaut bloquant. Dans le cas d'un arrêt normal, la commande de la pompe de charge prioritaire est maintenue pendant trois minutes afin de dissiper la chaleur résiduelle.

Le fonctionnement des pompes est de type normal / secours avec permutation cyclique. On supposera que la pompe A est la pompe prioritaire par défaut ou pompe nominale.

La permutation pompe nominale / pompe de secours est mensuelle (720h).

Exemple de fonctionnement



Nota : Démarrage de la pompe sélectionnée par l'automate en fonction de la disponibilité et du nombre d'heures de fonctionnement.

En cas de défaut de la pompe nominale, elle est arrêtée et la pompe de secours est mise en marche.

A titre d'exemple, la logique de démarrage de la pompe prioritaire PMP01.3.A est donnée ci-dessous :

Les disjoncteurs Q10 et Q11 sont ouverts. KA2 est alimenté car absence de défaut manque d'eau.

Composant	***Etat***	***Commentaire***
Q10 et Q11	*Enclenchés*	*Les contacts auxiliaires de Q10 et Q11 se ferment*
KA5 et KA6	*Alimentés*	*Les contacts auxiliaires de KA5 et KA6 se ferment*
E-TOR A2-X12 DI7 et DI9	*ON*	*Information à l'automate : pas de défaut sur PMP01.3.A et B*
S-TOR A2-X3 R1	*ON*	*Ordre de l'automate : démarrage PMP01.3.A autorisé*
KAC2	*Alimenté*	*Relais pour KM10*
KM10	*Alimenté*	*Fermeture contacts de puissance ⇝ Alimentation PMP01.3.A*
KM11	*Non alimenté*	*Ouverture de KM10 NF interdisant l'alimentation de KM11*
E-TOR A2-X12 DI6	*ON*	*Information à l'automate : PMP01.3.A en marche*
PMP01.3A	*ON*	*Démarrage PMP01.3.A*

C.1 Surligner en couleur sur le document réponse DR5 page 22 les entrées et sorties intervenant dans le fonctionnement des pompes doubles PMP01.3.A et PMP01.3.B.

Sorties automate

- X3-R1-4,5 ↯ commande PMP01.3 A
- X3-R2-7,8 ↯ commande PMP01.3 B

Entrées automate

- X12-DI6-3,4 ↯ indication de marche de PMP01.3 A
- X12-DI8-5,6 ↯ indication de marche de PMP01.3 B
- X12-DI7-7,8 ↯ défaut de PMP01.3 A
- X12-DI9-9,10 ↯ défaut de PMP01.3 B
- X11-DI2-5,6 ↯ Défaut manque d'eau circuit évaporateur

C.2 A partir des schémas électriques du DT2, lister les conditions requises pour que la pompe PMP01.3.A soit autorisée à fonctionner.

- Pas de manque d'eau sur circuit Evaporateur PAC
- Q10 enclenché et pas de problème de surintensité sur l'alimentation de PMP01.3.A
- PMP01.3.B ne fonctionne pas (KM11 non alimenté)
- Activation de la sortie X3-R1 de l'automate.

C.3 La pompe PMP01.3.A fonctionne depuis 20 heures. Dans ce cas, les disjoncteurs Q10 et Q11 sont enclenchés, KAC2, KA2, KA5, KA6 et KM10 sont alimentés, KM11 n'est pas alimenté. Un manque d'eau est détecté par le pressostat CSP 02.1.

Décrire, par le moyen de votre choix, la logique de fonctionnement suite à la détection de cette anomalie. Préciser les répercussions sur l'automate.

Etat initial : les disjoncteurs Q10 et Q11 sont enclenchés. PMP01.3.A est en marche. KAC2, KA2, KA5, KA6 et KM10 sont alimentés, KM11 n'est pas alimenté.

Composant	Etat	Commentaire
CSP 02.1	Ouvert	Détection d'un manque d'eau sur circuit PAC
KA2	Non alimenté	Ouverture des contacts auxiliaires de KA2
E-TOR A2-X12 DI2	OFF	Information à l'automate du manque d'eau circuit évaporateur
KM10	Non alimenté	Ouverture des contacts de puissance ↯ Arrêt de PMP01.3.A
E-TOR A2-X12 DI6	OFF	Information à l'automate de l'arrêt de la PMP01.3.A
S-TOR A2-X3 R1 et R2	OFF	Interdiction de mettre en marche PMP01.3 A et PMP01.3.B

C.4 Sur le câblage de l'extracteur VEX PAC01 du local technique PAC, quel est le nom et le rôle du composant Q15 ? Justifier son câblage.

Il s'agit d'un disjoncteur magnéto-thermique ou plus spécifiquement disjoncteur moteur.

Il détecte les surintensités de surcharge et de court-circuit sur la ligne d'alimentation du ventilateur d'extraction du local PAC et coupe le circuit s'il y a lieu. L'intensité autorisée au démarrage est réglable. Il assure aussi le sectionnement du circuit.

Q15 est tripolaire alors qu'il alimente un moteur monophasé. Afin que le courant circule dans l'ensemble des contacts de Q15, il est nécessaire de réaliser un bouclage avec le fil de phase. Ce bouclage est indispensable pour assurer un fonctionnement correct de l'équipement et notamment pour que l'échauffement des bilames soit uniforme en cas de surintensité de surcharge.

PARTIE D : Traitement d'air de la salle polyvalente

Temps conseillé : *45 min.*

Objectifs : *L'objectif de cette partie est d'étudier le fonctionnement de la centrale de traitement d'air de la salle polyvalente.*

La CTA sert à préparer l'air soufflé dans la salle polyvalente afin d'assurer les conditions de confort. Elle peut fonctionner en tout air neuf, tout air recyclé ou en mélange. Elle est équipée d'un récupérateur d'énergie.

Le descriptif technique de cette CTA issu du DCE et du DOE est donné dans le document technique DT3 [1/2] page 16. Son schéma de principe est donné dans le document technique DT3 [2/2] page 17.

On prendra ρ_{air} = 1,2 [kg/m ^{3}].

D.1 Quels sont, en hiver et en phase d'occupation importante, les paramètres qui conduisent au calcul du débit maximum d'air soufflé ?

On a le nombre d'occupants et un débit d'air neuf par occupant. Ici 475 x 18 = 8 550 m^3/h, ce qui correspond au débit de soufflage fourni dans le DT3. Cette condition est donc plus contraignante que celle assurant l'équilibre énergétique du local.

D.2 Quelle est la fonction du filtre F5 sur l'extraction d'air intérieur ? Comment la supervision est-elle informée de l'encrassement de ce filtre (type de capteur, grandeur mesurée, type de données) ?

Le filtre F5 évite l'encrassement du récupérateur rotatif.

C'est le pressostat différentiel qui compare les pressions avant et après le filtre. Quand cette différence de pression atteint une valeur donnée, 100 Pa environ, on considère que le filtre est trop sale. Il faut alors le nettoyer ou le changer. Le pressostat active une entrée TOR de l'automate chargé de la supervision de la CTA.

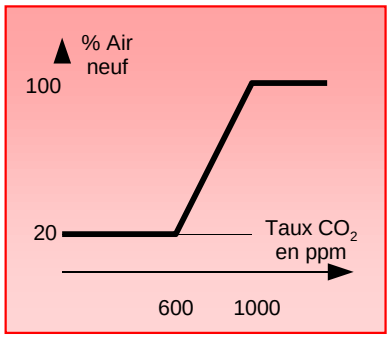
D.3 Un capteur de CO_2 est installé sur l'extraction.

D.3.1 Sur quel actionneur le capteur de CO_2 agit-il ? Quelle est la fonction de ce capteur ?

Il est asservi à la motorisation des volets de mélange air neuf / air recyclé.

Si le taux de CO_2 augmente (augmentation de l'occupation dans la salle polyvalente) alors le volet d'air neuf s'ouvre pour augmenter le débit d'air neuf (et donc de renouvellement d'air) afin de faire baisser le CO_2.

D.3.2 Le taux de CO_2 peut évoluer entre 600 ppm et 1 000 ppm. En phase d'occupation les volets d'air neuf sont réglés de manière proportionnelle entre 20% et 100% en fonction de ce taux. Tracer le diagramme de régulation du volet d'air neuf dans ce cas.



D.4 Dans le CCTP, on parle de free-cooling. De quoi s'agit-il ? Expliquer le principe et l'intérêt de ce mode de fonctionnement. Donner 3 ou 4 conditions nécessaires (températures, heure, saison etc...) permettant un tel fonctionnement.

Le free-cooling (rafraîchissement gratuit) consiste à profiter de la fraîcheur de la nuit pour rafraîchir l'intérieur du bâtiment. En fin de journée il fait souvent 26 à 28 °C dans le bâtiment (journées chaudes du printemps ou de l'automne). Au lieu de faire fonctionner une batterie froide, on va attendre que la

température extérieure diminue, à 22 °C par exemple, pour fonctionner en tout air neuf, sans activer la batterie froide. On obtient ainsi un rafraîchissement gratuit.

Les conditions nécessaires sont :

- une température intérieure élevée (24 à 28 °C)
- une température extérieure fraiche (15 à 22 °C)
- hors des périodes d'occupation (nuit)
- un ΔT ou mieux un Δh entre l'intérieur et l'extérieur suffisant pour justifier le fonctionnement des ventilateurs.

D.5 Sur le document technique DT3 [1/2] page 16, on donne des extraits du DCE et des extraits du DOE. Expliquer à quoi servent ces documents et à quel moment du déroulement d'un projet ils sont produits.

DCE : Dossier de Consultation des Entreprises. Il est produit pour l'appel d'offres. Il contient les plans, le CCTP et le CCAP. A partir de ce dossier, les entreprises peuvent proposer un devis pour la réalisation.

DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés. Il est produit après la réalisation des travaux par l'ensemble des entreprises. C'est l'état exact des prestations réalisées qui permettra ultérieurement des travaux d'entretien, de modification, etc... Il contient des plans, des schémas de principe, des schémas de câblage, des documentations techniques, etc....

D.6 On se placera dans les conditions extrêmes hiver, en occupation maximale (fonctionnement en tout air neuf).

D.6.1 Tracer, sur le diagramme psychrométrique du document réponse DR6 page 23, les transformations subies par l'air dans l'échangeur rotatif (air neuf et air extrait). Justifier l'allure des évolutions.

Voir DR6. Les caractéristiques des différents points sont données dans le DT3 :

Air extérieur : -5 °C / 90 HR%

Air sortie de l'échangeur / entrée batterie chaude : 15,4 °C / 53 %HR

Air repris : 19 °C / 50 HR%

Air rejeté : -1,4 °C / 99 %HR

Les échangeurs rotatifs permettent de récupérer de la chaleur sensible et de la chaleur latente, ce qui explique l'augmentation de l'humidité spécifique de l'air neuf.

D.6.2 Tracer, sur le diagramme psychrométrique du document réponse DR6 page 23, les transformations subies par l'air soufflé, dans la batterie.

Voir DR6.

Il faut déterminer les caractéristiques du point de sortie de la batterie chaude :

$$P_{B€} = q_{mas} \times (h_{sortie} - h_{entrée}) = \rho_{air} \times q_{vas} \times (h_{sortie} - h_{entrée})$$

$$h_{sortie} = h_{entrée} + \frac{P_{B€}}{\rho_{air} \times q_{vas}} = 30{,}5 + \frac{20}{1{,}2 \times \frac{8500}{3600}} = 37{,}6\ [kJ/kg_{as}]$$

L'évolution de l'air dans la batterie chaude se fait à humidité spécifique constante jusqu'à l'enthalpie de 37,6 kJ/kg_{as}, ce qui correspond à 22 °C / 35 %HR.

PARTIE E : Production d'ECS

Temps conseillé : *30 min.*

Objectifs : *L'objectif de cette partie est d'étudier le fonctionnement de la production d'ECS solaire.*

Le schéma de principe de la production d'ECS est donné dans le document réponse DR7 page 24. Un préchauffage à partir de panneaux solaires thermiques est suivi d'une mise à température finale par un préparateur à gaz. La température de consigne en sortie de ce préparateur est de 60°C.

Pour bénéficier au maximum des apports thermiques sur les panneaux solaires l'eau préchauffée dans les 2 ballons de 2000 litres sera éventuellement portée à une température supérieure à 60°C. Eau froide à 12°C.

La régulation solaire sera composée de deux sondes de température : l'une sur la canalisation d'arrivée des capteurs (TSC) à l'échangeur solaire et l'autre en bas du ballon solaire (TBB). Elles piloteront, via le régulateur, la mise en route de la pompe du circuit échangeur solaire lorsque TSC sera supérieur de 6°C à TBB et arrêt lorsque l'écart entre TBB et TSC sera inférieur à 2°C.

E.1 Sur le document réponse DR7 page 24, surligner avec différentes couleurs le circuit solaire, le circuit ECS, le circuit d'eau froide adoucie et le circuit de bouclage. Faire une légende claire.

Voir DR7.

E.2 Le circuit solaire est rempli d'un fluide caloporteur prêt à l'emploi. De quel type de fluide s'agit-il ? Pourquoi n'utilise-t-on pas de l'eau ?

Il s'agit d'un mélange d'eau et de glycol. La présence de glycol permet de prévenir un risque éventuel de gel dans les panneaux ou les canalisations. En effet une partie de l'installation est à l'extérieur et peut donc être soumise à des températures négatives.

Remarque : Cette précaution est prise même si l'ensemble du réseau est en théorie auto-vidangeable : en cas de froid intense il ne doit plus rien y avoir dans le circuit.

E.3 L'installation est équipée de panneaux auto-vidangeables. Quel est l'intérêt de ce système ? Quelles sont les dispositions mises en œuvre pour permettre cette vidange ?

Le système auto-vidangeable permet d'éviter un risque de gel en cas de froid intense et une montée en pression du liquide caloporteur en été en cas de surchauffe.

A l'arrêt de l'installation, le fluide caloporteur est stocké dans un réservoir équipé d'un évent. Il doit donc pouvoir contenir tout le fluide contenu dans les panneaux. Les canalisations doivent avoir une pente minimale afin de bien vider l'ensemble du réseau.

E.4 Quel est le rôle de l'échangeur ECH 03.1 ?

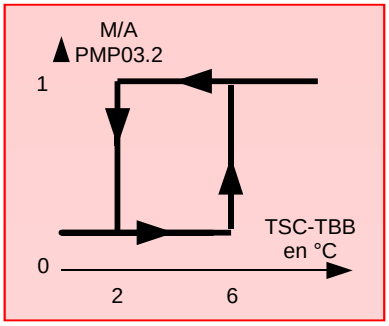
L'échangeur ECH 03.1 sert à transférer l'énergie du fluide caloporteur (eau glycolée) à l'eau chaude sanitaire qui va être distribuée aux utilisateurs.

E.5 Donner les conditions de fonctionnement de la pompe PMP03.2 en fonction des températures TSC et TBB. Les représenter sous forme d'un graphe de régulation.

La PMP03.2 démarre si TSC – TBB ≥ 6 °C

La PMP03.2 s'arrête si TSC – TBB ≤ 2 °C.

Il s'agit d'une régulation Tout Ou Rien avec un différentiel de régulation de 4°C.

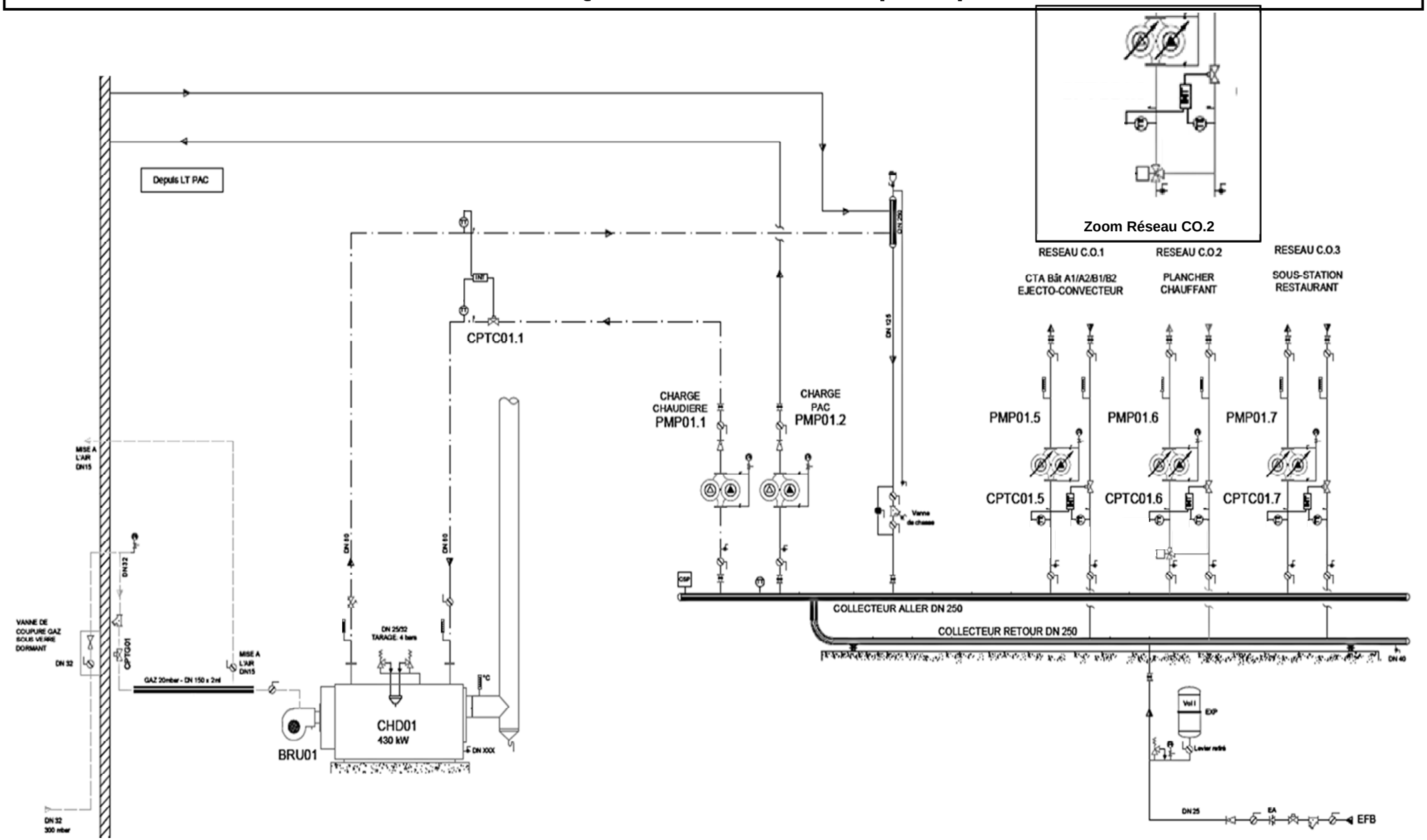


E.6 Quelle est la fonction du mitigeur de l'ECS solaire avec l'eau froide en amont du préparateur à gaz ?

L'ECS préparée par les panneaux solaires peut être délivrée à une température supérieure à 60°C. L'ECS est mélangée à de l'eau froide pour être distribuée à 60°C. Le positionnement du mitigeur en amont du préparateur évitera la mise en sécurité du préparateur fixée à 80 °C.

Ainsi, on peut utiliser les panneaux solaires jusqu'à une température de stockage plus élevée et améliorer le taux de couverture de l'installation en sollicitant moins le préparateur gaz.

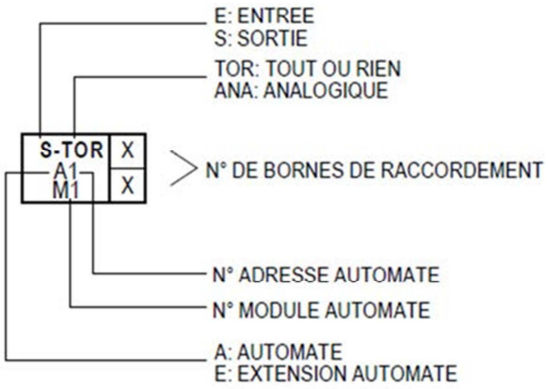
DOCUMENT TECHNIQUE DT1 : Schéma de principe chaufferie



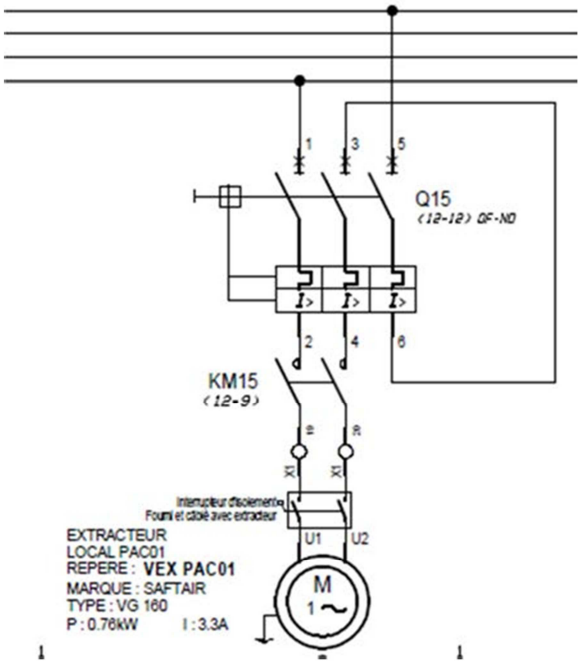
BTS FLUIDES ENERGIES DOMOTIQUE		Session 2017
U41 : Analyse et définition d'un système	Repère :	Page : 17/28

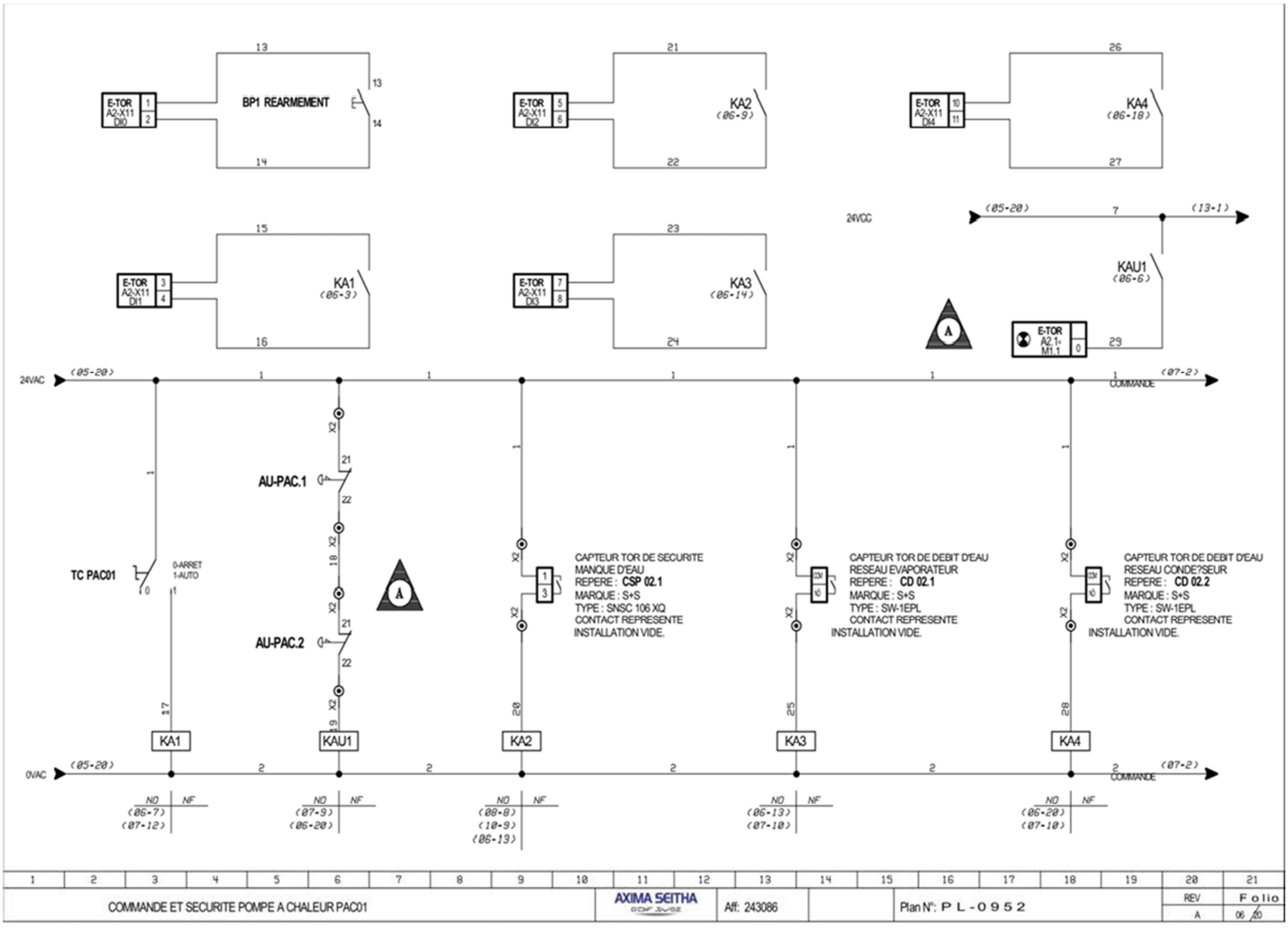
DOCUMENT TECHNIQUE DT2 [1/2]
Schémas électriques de l'armoire du local technique PAC

Les entrées/sorties de l'automate sont repérées de la manière suivante :

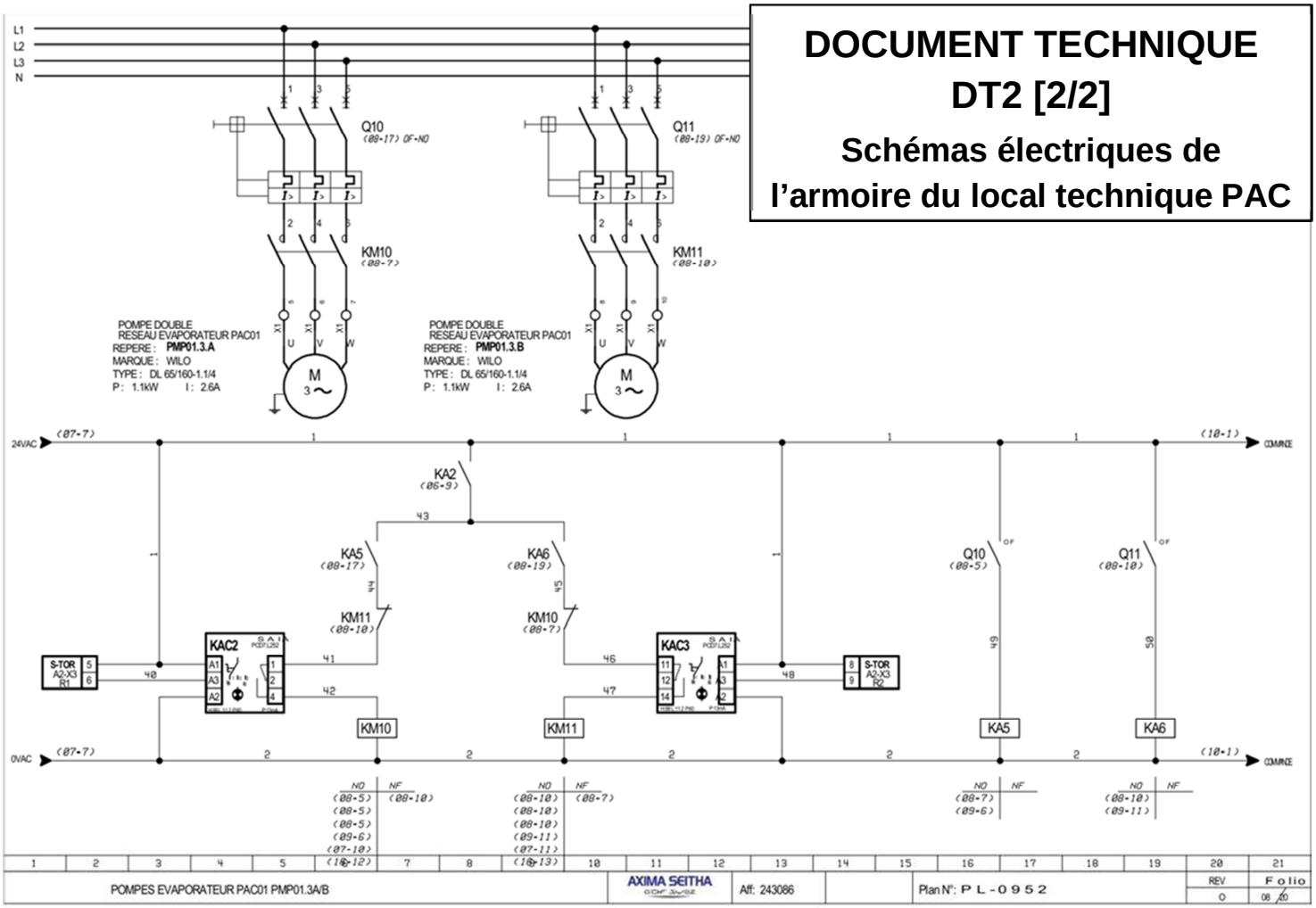


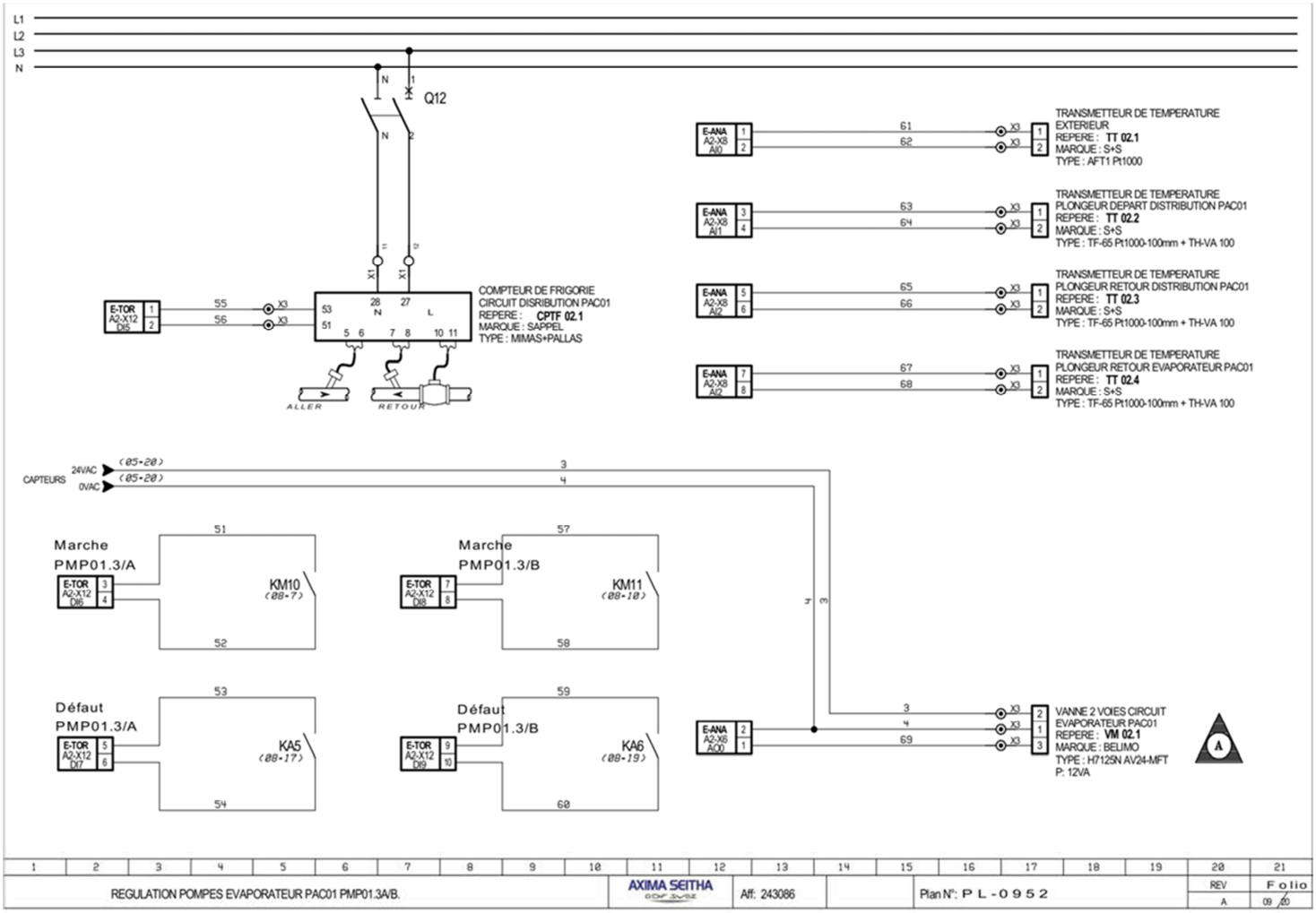
CABLAGE EXTRACTEUR LOCAL PAC





DOCUMENT TECHNIQUE
DT2 [2/2]
Schémas électriques de l'armoire du local technique PAC





DOCUMENT TECHNIQUE DT3 [1/2] : CTA Salle Polyvalente

EXTRAITS DU DCE

ELEMENTS DU CIRCUIT DE SOUFFLAGE :

- Un filtre polyester F5 85 % opacimétrique sur cadre en acier galvanisé, avec pressostat d'encrassement.
- Un récupérateur rotatif, à très haut rendement, supérieur à 84%, constitué d'une roue en aluminium, roulements graissés à vie. Avec système de nettoyage intégré. Récupération en chauffage et en rafraîchissement.
- Un caisson de mélange 3 voies avec porte et équipé de registres en aluminium avec joints montés sur cadre.
- Une batterie en change-over, chaude ou froide selon la saison.
- Un groupe moto-ventilateur de soufflage de type roue libre.

ELEMENTS DU CIRCUIT DE REPRISE :

- Un filtre polyester F5 85 % opacimétrique sur cadre en acier galvanisé, avec pressostat d'encrassement.
- Un caisson de mélange de recirculation avec registres motorisés.
- Un groupe moto ventilateur de soufflage de type roue libre.
- Des détecteurs d'encrassement des filtres et un thermostat antigel batterie chaude.

LA CENTRALE D'AIR FONCTIONNERA DE LA MANIERE SUIVANTE :

- Tout air recyclé en période d'inoccupation et pendant les heures de relance matinale
- Air de mélange en période d'occupation au moyen de sonde de qualité d'air placée dans la salle polyvalente.
- Fonction free-cooling 100% air neuf lorsque les conditions extérieures le permettent.

REGULATION DE LA CENTRALE D'AIR :

- Débit : 8 500 m^3/h - Pression disponible : 350 Pa
- L'humidité ne sera pas contrôlée.
- Seule la température ambiante dans les locaux sera régulée en fonction des régimes saisonniers et en fonction de la qualité d'air intérieure : 19 °C (± 1 °C) en Hiver et 26 °C (± 1 °C) en Été.
- Conditions d'occupation : 475 personnes [Débit hygiénique de renouvellement d'air : 18 m^3/h].

EXTRAITS DU DOE

Système de récupération d'énergie (Ecorot)

- avec appareil de commande
- rotor à exécution non séparé
- avec rotor à condensation

Caractéristiques	Eté	Hiver
Rendement [%]	85	85
Puis. tot. [kW]	14,9	83,9
Humidification [kg/h]	0	35,63
Echangeur rotatif	Diamètre	1610 [mm]

Calcul hiver

	Air neuf	Air extrait
Débit [m³/h]	8500	8500
Entrée : T [°C] / HR [%]	-5 / 90	19 / 50
Sortie : T [°C] / HR [%]	15,4 / 53	-1,4 / 99

Calcul été

	Air neuf	Air extrait
Débit [m³/h]	8500	8500
Entrée : T [°C] / HR [%]	32 / 40	26 / 50
Sortie : T [°C] / HR [%]	26,9 / 54	31,1 / 37

Caisson batterie en change-over

Médium	Eau / Glycol Eau
Quantité glycol [%]	0
Débit [m³/h]	7,4
T Entrée / Sortie [°C / °C] Eté	10 / 15
T Entrée / Sortie [°C / °C] Hiver	40 / 35

Air	
Débit d'air [m³/h]	8500
Perte de charge sur l'air [Pa]	76

Fonctionnement été

Air Entrée : T [°C] / HR [%]	26,9 / 54
Air Sortie : T [°C] / HR [%]	16 / 91
Débit condensats [kg/h]	16,9
Puissance totale [kW]	43
Puissance sensible [kW]	31,5

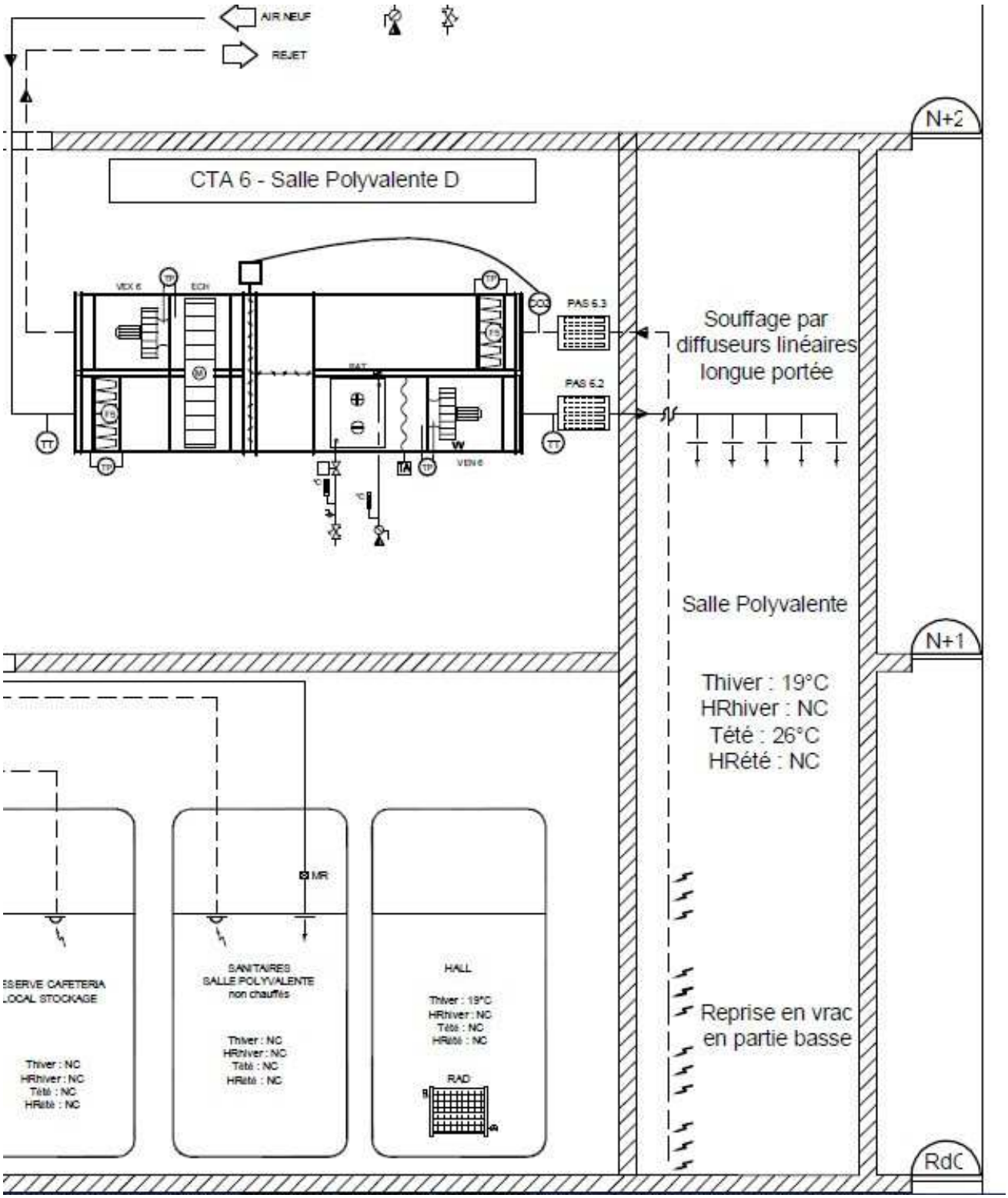
Fonctionnement hiver :

Air Entrée : T [°C]	15,4
Air Sortie : T [°C]	22
Puissance totale [kW]	20

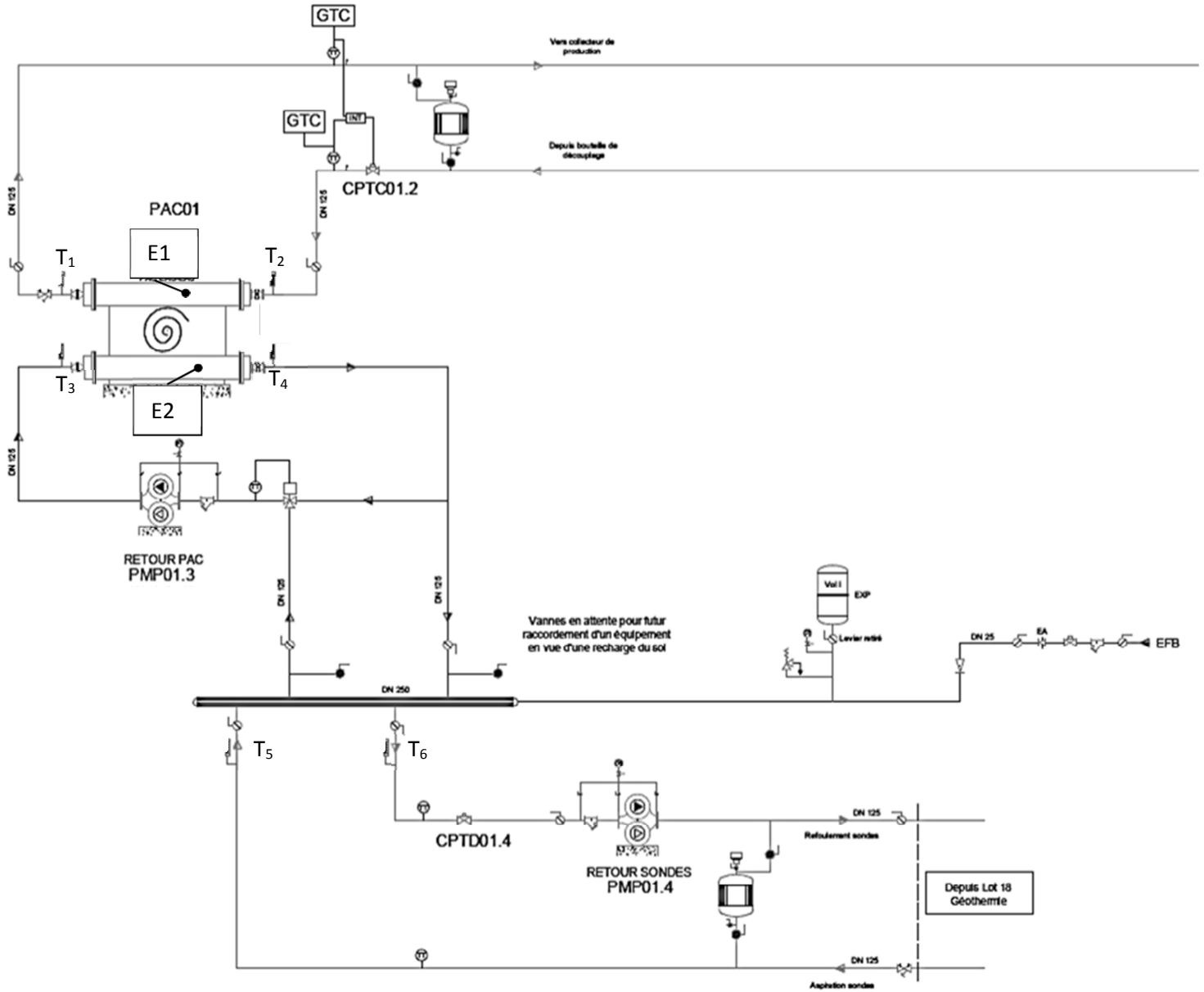
DOCUMENT TECHNIQUE DT3 [2/2] : CTA Salle Polyvalente

Schéma de principe :

TT : sonde de température
TP : capteur de pression



DOCUMENT REPONSE DR1 : Fonctionnement PAC



MODE HIVER	
E1	Condenseur
E2	Evaporateur
T1	40,7 °C
T2	35 °C
T3	13 °C
T4	9 °C
T5	13 °C
T6	10 °C

MODE ETE	
E1	Evaporateur
E2	Condenseur
T1	10 °C
T2	15 °C
T3	25 °C
T4	30,6 °C
T5	22 °C
T6	25 °C

DOCUMENT REPONSE DR2

Fiche d'essai pompe de charge PAC PMP01.2

Marque : WILO

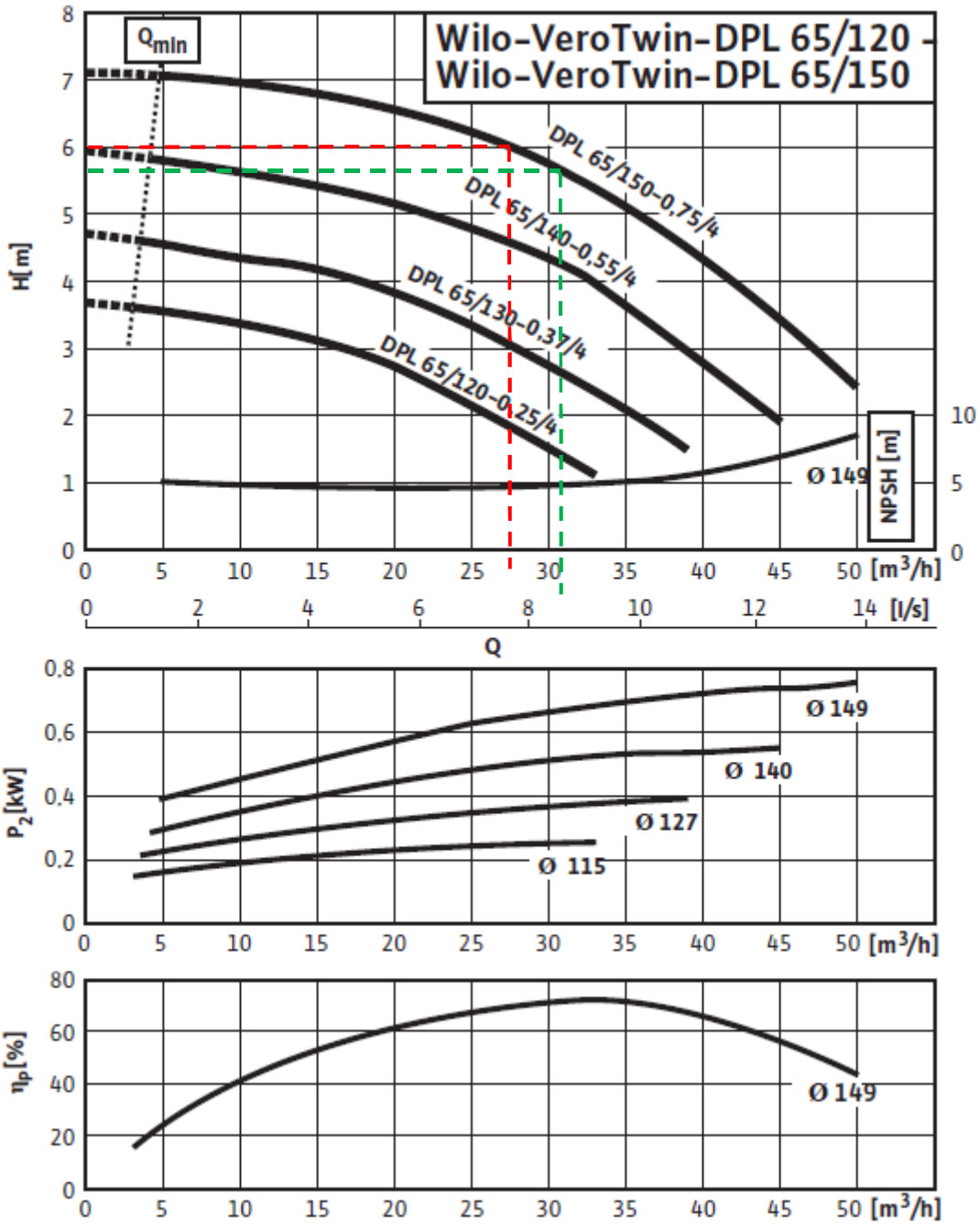
Modèle : DPL65/150-0.75/4

Pression mesurée à l'aspiration : 2 bars

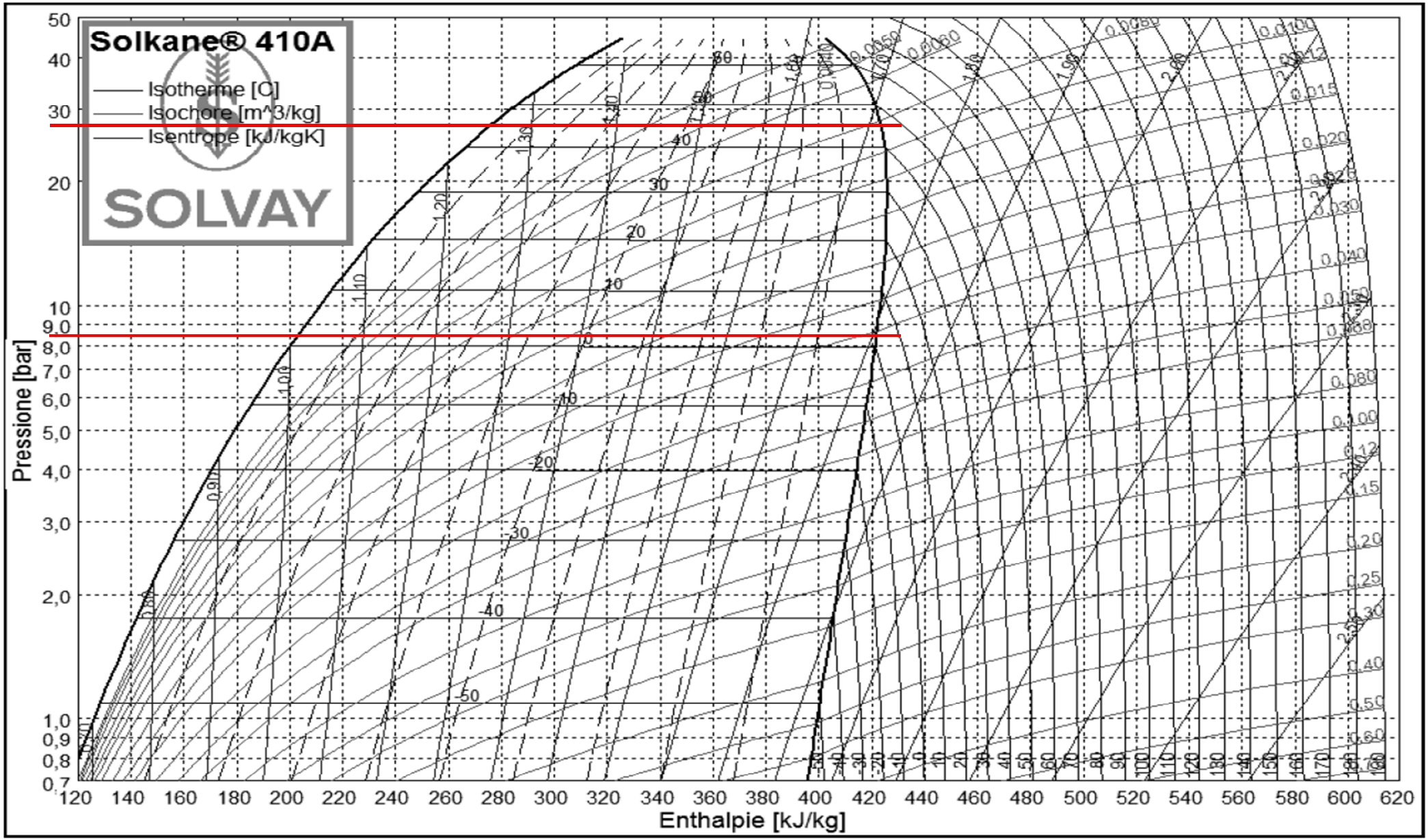
Pression mesurée au refoulement : 2,6 bars

$H_{MT} = P_{ref} - P_{asp} = 2,6 - 2 = 0,6$ bar = 6 mCE

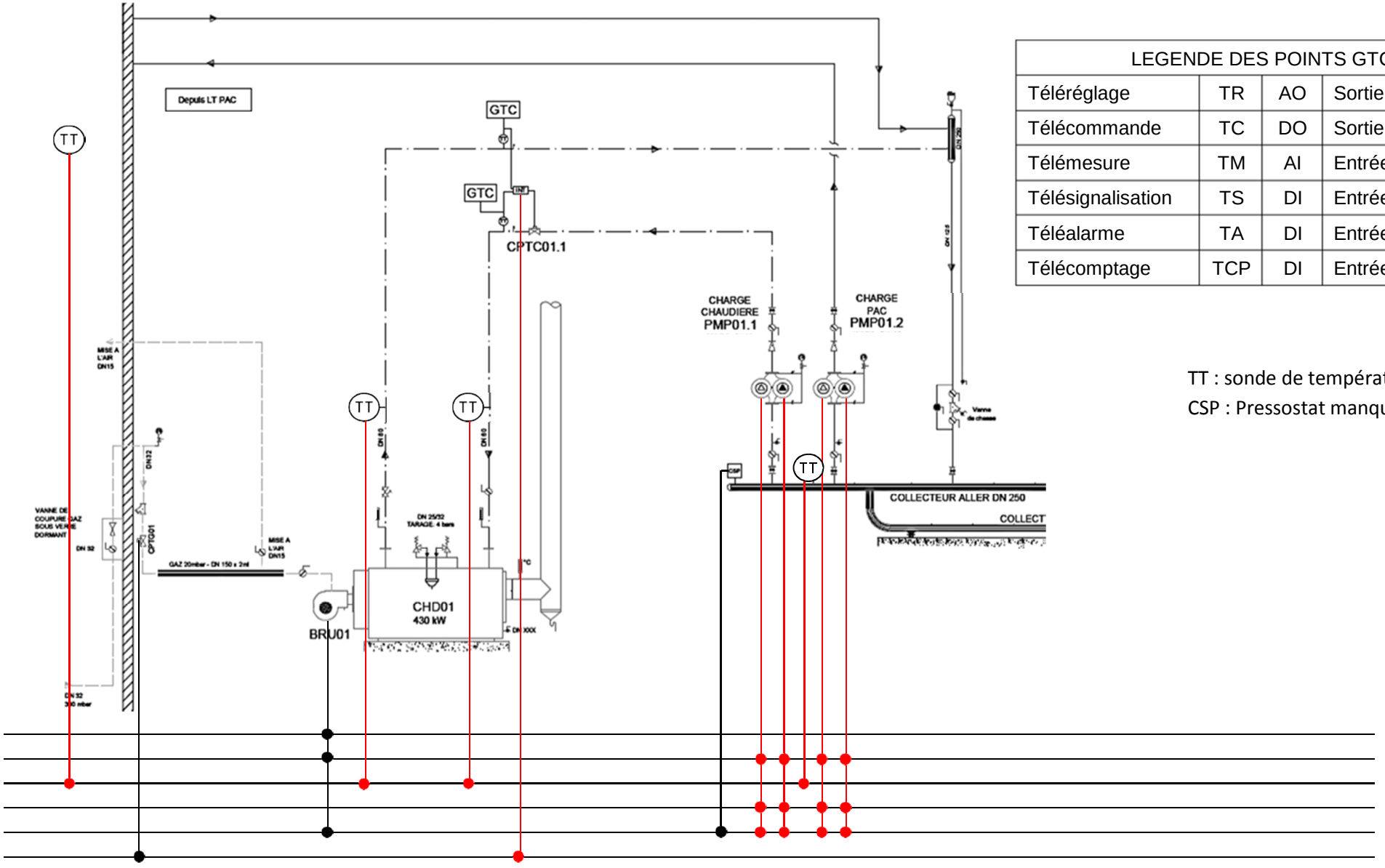
Débit attendu :	30,8 m^3/h	Débit mesuré :	27,5 m^3/h



DOCUMENT REPONSE DR3 : Diagramme enthalpique R410A



DOCUMENT REPONSE DR4 : Raccordement des points GTC



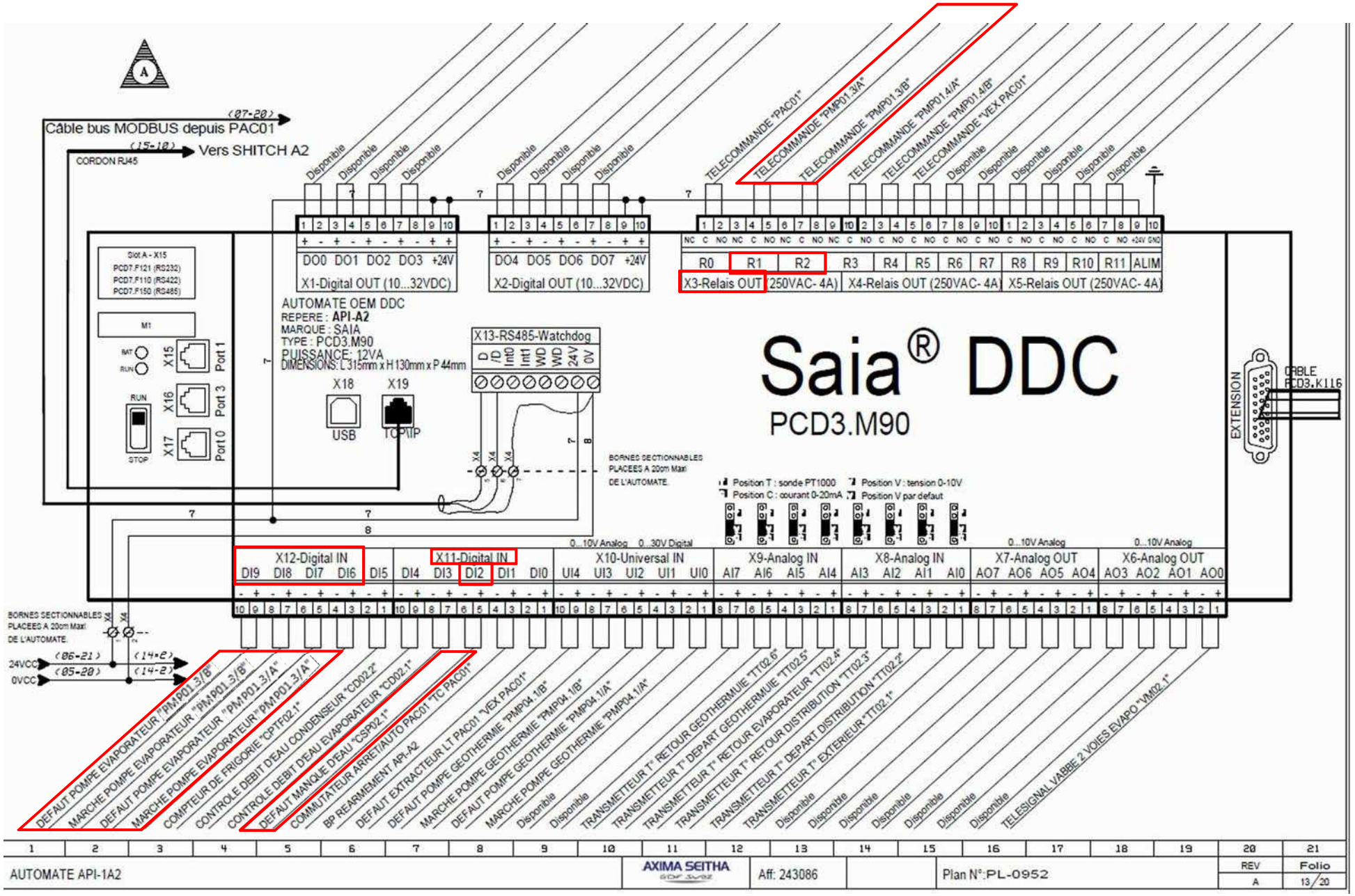
LEGENDE DES POINTS GTC			
Téléréglage	TR	AO	Sortie analogique
Télécommande	TC	DO	Sortie TOR
Télémesure	TM	AI	Entrée analogique
Télésignalisation	TS	DI	Entrée TOR
Téléalarme	TA	DI	Entrée TOR
Télécomptage	TCP	DI	Entrée TOR

TT : sonde de température

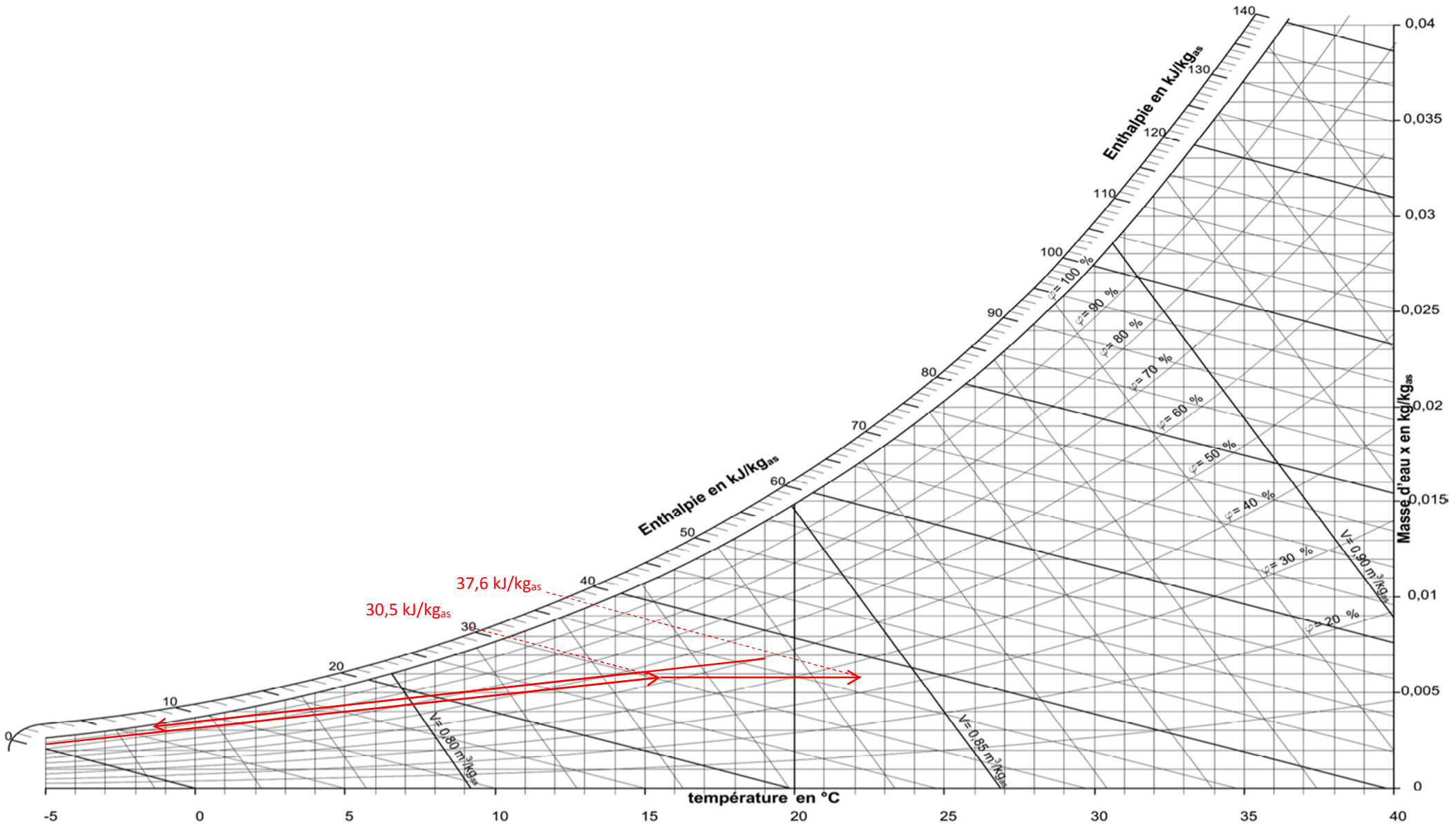
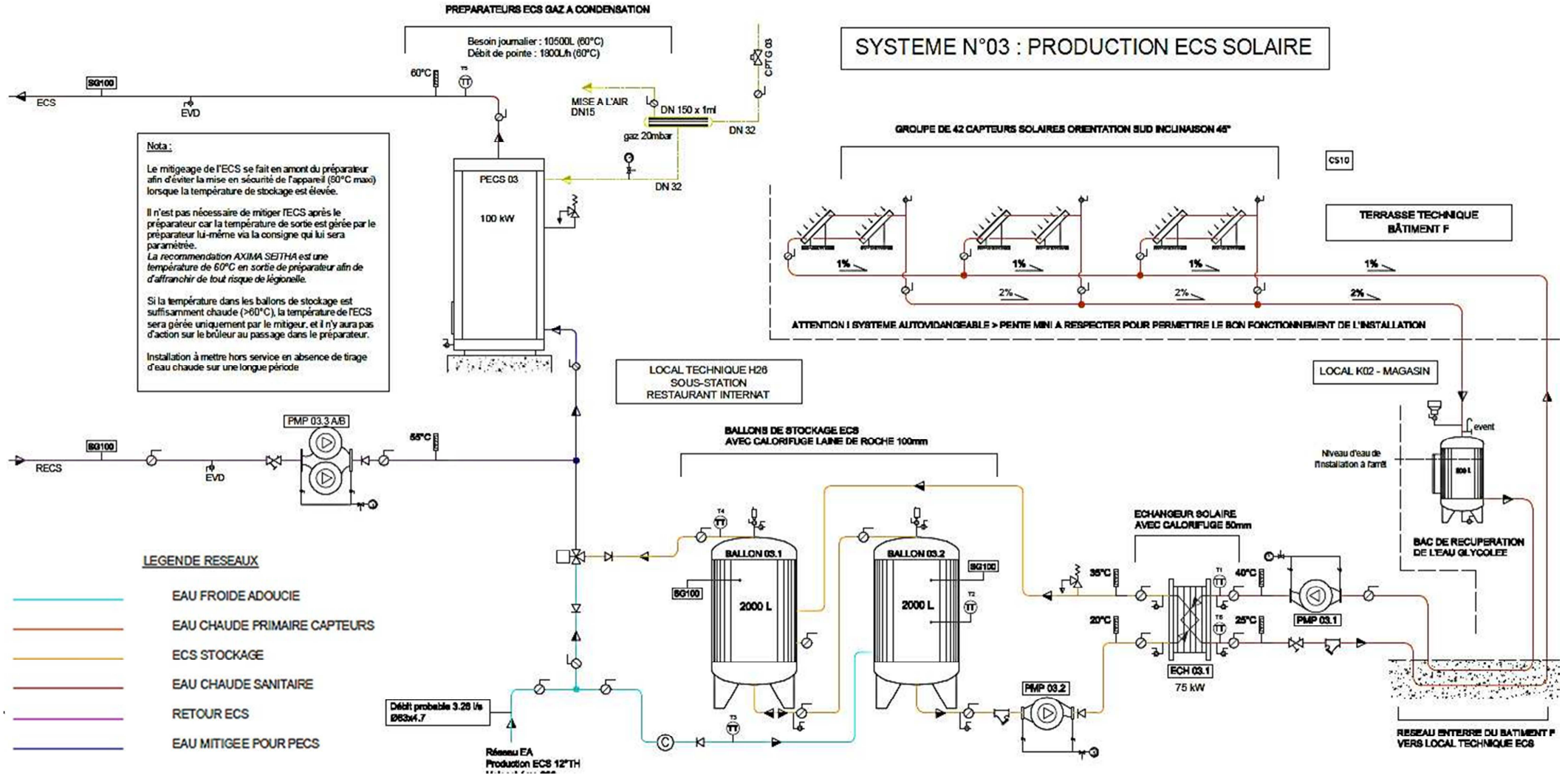
CSP : Pressostat manque d'eau

TR	AO
TC	DO
TM	AI
TS	DI
TA	DI
TCP	DI

DOCUMENT REPONSE DR5 : Schéma de câblage de l'automate



DOCUMENT REPONSE DR6 : Diagramme psychrométrique



DOCUMENT REPONSE DR7 : Production ECS solaire