

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2024

U 4 : Intégration d'un bien

Durée : 4 heures – Coefficient : 5

Matériel autorisé

L'usage des calculatrices est autorisé dans les conditions suivantes :

- l'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé ;
- l'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

Le sujet comporte 26 pages numérotées de la façon suivante :

Dossier de présentation : DP1 à DP2 de la page 3 à la page 4.

Dossier questions : DQ1 à DQ8 de la page 6 à la page 9.

Documents réponses : DR1 à DR9 de la page 11 à la page 17.

Documents techniques : DT1 à DT11 de la page 19 à la page 26.

Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur les feuilles de copie ou, lorsque cela est indiqué sur le sujet, sur les documents réponses prévus à cet effet.

Tous les documents réponses sont à remettre en un seul exemplaire en fin d'épreuve.

CODE ÉPREUVE : 24-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES
SESSION : 2024	SUJET	ÉPREUVE E4 : INTÉGRATION D'UN BIEN	
Durée : 4h		Coefficient : 5	SUJET N° 03MS24
			Page 1/26

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2024

U 4 : Intégration d'un bien

Durée : 4 heures– Coefficient : 5

DOSSIER DE PRÉSENTATION

Ce dossier contient les documents DP1 à DP2
de la page 3 à la page 4.

CODE ÉPREUVE : 24-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES
SESSION : 2024	SUJET	ÉPREUVE E4 : INTÉGRATION D'UN BIEN	
Durée : 4h	Coefficient : 5	SUJET N° 03MS24	Page 2/26

DP1- Présentation de l'installation

L'étude proposée porte sur une installation de géothermie marine située dans une ville portuaire bordant la méditerranée.

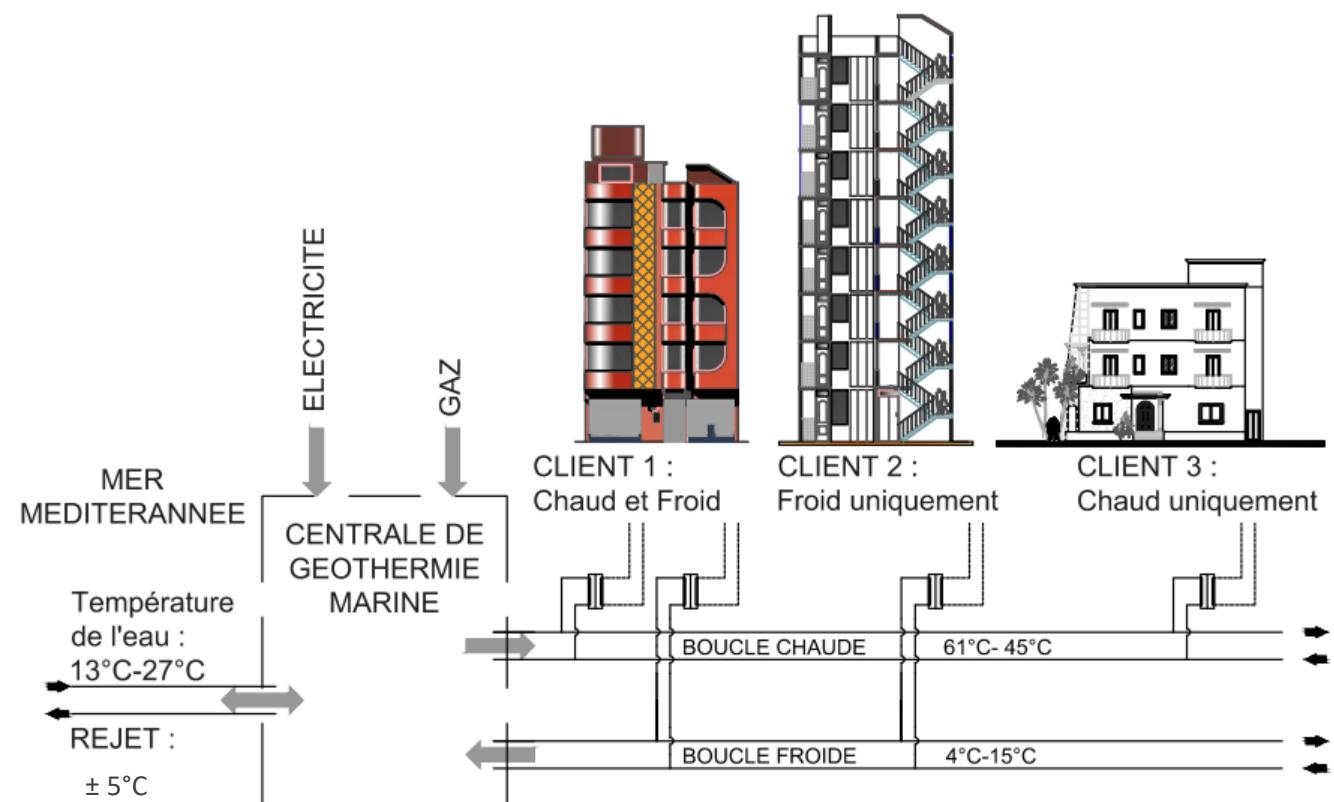
Ce site utilise l'eau de mer pour puiser de l'énergie et, par l'intermédiaire de Thermo-Frigo-Pompes, alimenter deux réseaux de distribution : un réseau de chaleur et un réseau de froid. Ces deux réseaux hydrauliques de distribution d'eau chaude (régime 61/45 [°C]) et d'eau glacée (régime 4/15 [°C]), permettent d'assurer le chauffage et la climatisation des bâtiments situés dans une zone urbaine dense.

Les bâtiments situés dans cette zone urbaine ont plusieurs avantages à se connecter à ces réseaux de chaud et de froid :

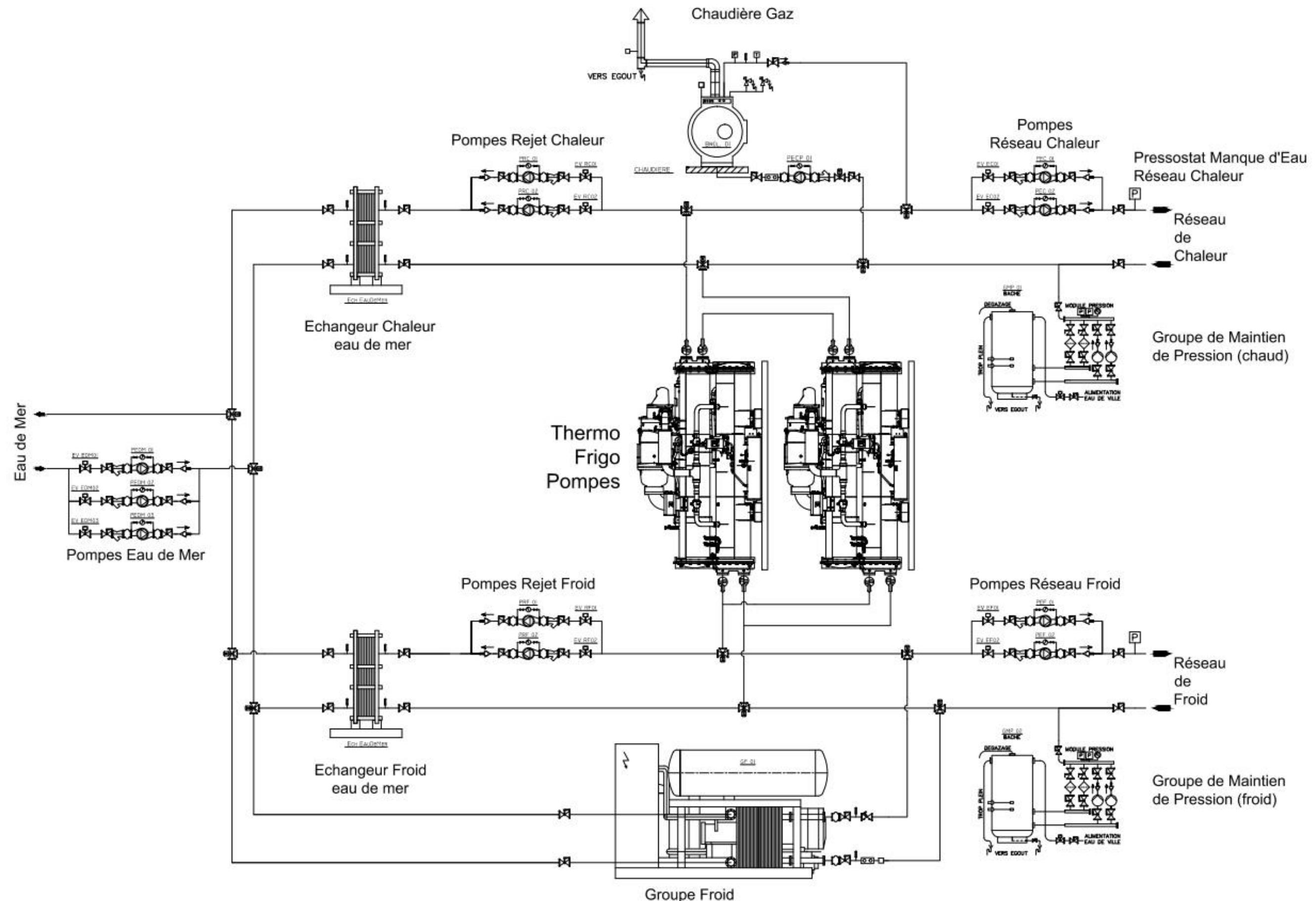
- Le faible contenu CO₂ de l'énergie produite permet d'atteindre les exigences réglementaires.
- Un gain de place dans les bâtiments : les locaux techniques sont réduits et les toitures peuvent être valorisées car débarrassées des tours de refroidissement.
- Avec une part d'énergie renouvelable de 70%, les clients bénéficient d'une TVA réduite sur la production de chaleur.

La centrale de production alimente à l'été comme l'hiver les deux réseaux en eau chaude et eau glacée.

La demande étant variable selon les saisons, plusieurs modes de fonctionnement sont possibles pour fournir les puissances chaud et froid.



DP2- Schéma de principe hydraulique de la centrale de production de chaud et froid



BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2024

U 4 : Intégration d'un bien

Durée : 4 heures– Coefficient : 5

DOSSIER QUESTIONS

Ce dossier contient les documents DQ1 à DQ8

de la page 6 à la page 9.

CODE ÉPREUVE : 24-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES
SESSION : 2024	SUJET	ÉPREUVE E4 : INTÉGRATION D'UN BIEN	
Durée : 4h	Coefficient : 5	SUJET N° 03MS24	Page 5/26

DQ1 – Document Question

1	ANALYSE PRÉLIMINAIRE	Durée conseillée : 40 min

Cette analyse a pour but de vous aider dans la compréhension du fonctionnement de la centrale de production d'eau chaude et d'eau glacée alimentant les réseaux de chaleur et de froid.

1 - 1	Analyse de l'installation
-------	----------------------------------

Q.1-1	Documents à consulter : DP1, DP2	Répondre sur DR1
--------------	---	-------------------------

Compléter le diagramme des exigences du document réponse en indiquant le nom de chaque système.

1 - 2	Bilan de puissances
-------	----------------------------

Q.1-2-1	Documents à consulter : DT1, DT2, DT3	Répondre sur DR2
----------------	--	-------------------------

Compléter le schéma de fonctionnement de l'installation dans le mode « Canicule » :

- **Indiquer** en rouge sur le schéma le flux d'énergie comme illustré sur les DT2 et DT3.
- **Compléter** le tableau de fonctionnement en indiquant pour chaque élément l'état de fonctionnement (Marche/Arrêt) et les puissances échangées.

Q.1-2-2	Documents à consulter : DT1, DT2, DT3	Répondre sur DR3
----------------	--	-------------------------

Compléter le schéma de fonctionnement de l'installation dans le mode « Maintenance » :

- **Indiquer** en rouge sur le schéma le flux d'énergie comme illustré sur les DT2 et DT3.
- **Compléter** le tableau de fonctionnement en indiquant pour chaque élément l'état de fonctionnement (Marche/Arrêt) et les puissances échangées.

DQ2 – Document Question

2	THERMO-FRIGO POMPES	Durée conseillée : 90 min

Cette partie porte sur le fonctionnement des machines thermodynamiques Thermo-Frigo Pompes (TFP) et leur raccordement hydraulique.

2 - 1	Analyse de fonctionnement à partir des mesures relevées sur le fluide frigorigène
-------	--

Q.2-1-1	Document à consulter : DT4	Répondre sur DR4
----------------	-----------------------------------	-------------------------

Donner le nom et la fonction des éléments de la TFP repérés sur le document technique.

Hypothèses d'étude pour la suite de la partie :

- ✓ Les pertes de charge dans les conduites et dans les échangeurs seront négligées.
- ✓ La chute de température dans les conduites sera négligée.

Q.2-1-2	Document à consulter : DT4, DT5	Répondre sur DR6
----------------	--	-------------------------

À partir du relevé de mesures du 01/01/2023, **tracer** en rouge le cycle de fonctionnement sur le diagramme enthalpique.

À l'aide de votre tracé, **déterminer** la surchauffe et le sous-refroidissement.

Q.2-1-3	Document à consulter : DT4, DT5	Répondre sur DR6
----------------	--	-------------------------

À partir du relevé de mesures du 01/01/2024, **tracer** en bleu le cycle de fonctionnement sur le diagramme enthalpique.

À l'aide de votre tracé, **déterminer** la surchauffe et le sous-refroidissement.
Identifier la cause probable de la panne.

DQ3 – Document Question

2 - 2	Modification du raccordement hydraulique
--------------	---

Dans une démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique, l'entreprise en charge de la conduite de l'installation souhaite quantifier l'impact d'une modification du raccordement hydraulique des 2 TFP.

Actuellement, l'alimentation en eau des condenseurs des 2 TFP est raccordée en série alors que celle des évaporateurs est en parallèle.

On souhaite évaluer le gain d'énergie possible en raccordant les évaporateurs en série.

Pour cela, on va déterminer le coefficient de performance théorique maximum des TFP (COP de Carnot) pour les 2 montages, ainsi que l'incidence sur la consommation électrique de la pompe assurant la circulation de l'eau dans les évaporateurs.

Q.2-2-1	Document à consulter : DT6	Répondre sur DR5
----------------	-----------------------------------	-------------------------

Données d'étude :

- La différence de température entre la température d'évaporation et la température de sortie d'eau de l'évaporateur est de 2 [°C].
- La différence de température entre la température de condensation et la température de sortie d'eau du condenseur est de 2 [°C].

Déterminer les températures de condensation T_k et d'évaporation T_o pour les 2 montages.

Calculer les coefficients de performance de Carnot des 2 TFP pour les 2 montages et **compléter** le tableau du document réponse.

Q.2-2-2	Document à consulter : DT6	Répondre sur feuille de copie et DR5
----------------	-----------------------------------	---

Calcul de la puissance électrique des TFP prenant en compte les COP réels.

Pour une production de chaleur totale pour les 2 TFP de $P_c = 3,48$ [MW], et en considérant les coefficients de performance COP réels suivants (prenant en compte les rendements des TFP) :

- $COP_{initial} = 3,7$ pour l'installation initiale (évaporateurs en parallèle)
- $COP_{modifié} = 4,0$ pour l'installation modifiée (évaporateurs en série)

Calculer la puissance électrique absorbée par les compresseurs pour les 2 montages et **compléter** le tableau en document réponse.

DQ4 – Document Question

Q.2-2-3	Document à consulter : DT6	Répondre sur feuille de copie et DR5
----------------	-----------------------------------	---

Pour une production de chaleur totale (pour les 2 TFP) $P_c = 3,48$ [MW], la puissance frigorifique totale (pour les 2 évaporateurs) est : $P_f = 3$ [MW].

On donne :

- C_p_{eau} : Capacité thermique massique de l'eau = 4,19 [kJ·kg⁻¹·K⁻¹]
- ρ_{eau} : Masse volumique de l'eau 1000 [kg·m⁻³].

Calculer le débit d'eau circulant dans un évaporateur lorsqu'ils sont reliés en série et **compléter** le tableau en document réponse.

Q.2-2-4	Document à consulter : DR5	Répondre sur DR5
----------------	-----------------------------------	-------------------------

Tracer et déterminer sur l'abaque du document réponse, la perte de charge d'un évaporateur puis la perte de charge totale des 2 évaporateurs montés en série et **compléter** le tableau donné en document réponse.

Q.2-2-5	Document à consulter : DR5	Répondre sur feuille de copie et DR5
----------------	-----------------------------------	---

On donne la puissance hydraulique de la pompe : $P_{hydraulique} = q_v \cdot \Delta P$ avec :

- P : Puissance hydraulique en [W]
- q_v : Débit volumique en [m³·s⁻¹]
- ΔP : Perte de charge en [Pa]

Calculer la puissance hydraulique utile que devra fournir la pompe pour combattre les pertes de charge dans ce cas. **En déduire** la puissance électrique absorbée par les pompes en considérant un rendement de pompe de 82% et **compléter** le tableau donné en document réponse.

Q.2-2-6	Document à consulter : DR5	Répondre sur feuille de copie et DR5
----------------	-----------------------------------	---

Calculer la puissance électrique totale absorbée par la TFP dans le deux cas (montage en série ou en parallèle des évaporateurs) et **compléter** le document réponse.

Conclure sur l'intérêt de la modification du raccordement hydraulique.

DQ5 – Document Question

3	COMPLÉMENT DE CHALEUR PAR CHAUDIÈRE GAZ	
		Durée conseillée : 30 min

On doit vérifier qu'en cas de maintenance des « thermo frigo pompes » la chaudière mise en place permet de couvrir seule les besoins de chauffage du site.

La production doit pouvoir fournir :

- Dans les conditions normales de fonctionnement une puissance maximale de 1,5 [MW],
- Dans les conditions de maintenance des « thermo frigo pompe » une puissance maximale de 2 [MW].

Lors d'un nouveau démarrage, après réglage du brûleur à sa puissance maximale de 2 [MW], le brûleur s'est mis en défaut par coupure du pressostat de sécurité basse pression gaz. On se propose de vérifier si la conduite est adaptée aux conditions maximales de fonctionnement.

3 - 1	Vérification du dimensionnement du réseau gaz pour une puissance de 1,5 [MW]	
-------	---	--

Q.3-1-1	Document à consulter : DR7	Répondre sur DR7
---------	----------------------------	------------------

Surligner en bleu la conduite gaz.

Q.3-1-2	Documents à consulter : DT7, DR7	Répondre sur feuille de copie
---------	----------------------------------	-------------------------------

Vérifier que le diamètre de la conduite gaz existante est conforme aux préconisations pour les conditions normales de fonctionnement.

Q.3-1-3	Documents à consulter : DT7, DT8, DR7	Répondre sur feuille de copie
---------	---------------------------------------	-------------------------------

Vérifier que le volume du réseau gaz est conforme aux préconisations pour les conditions normales de fonctionnement.

3 - 2	Vérification du dimensionnement du réseau gaz pour une puissance de 2 [MW]	
-------	---	--

Q.3-2-1	Document à consulter : DT7, DR7	Répondre sur feuille de copie
---------	---------------------------------	-------------------------------

Vérifier que le diamètre de la conduite gaz existante est conforme aux préconisations pour les conditions de maintenance.

Q.3-2-2	Document à consulter : DT7, DR7, DR7	Répondre sur feuille de copie
---------	--------------------------------------	-------------------------------

Vérifier que le volume du réseau gaz existant est conforme aux préconisations pour les conditions de maintenance.

DQ6 – Document Question

Proposer une solution permettant un fonctionnement sans défaut pour les conditions normales et de maintenance.

4	ÉCHANGEUR DE CHALEUR EAU DE MER	
		Durée conseillée : 40 min

Cette partie porte sur les échangeurs de chaleur permettant le puisage ou le rejet de chaleur dans l'eau de mer.

L'eau de mer provoque un dysfonctionnement de l'échangeur.

On cherche à vérifier les performances thermiques de l'échangeur après 3 mois de fonctionnement.

Q.4-1	Document à consulter : DT9	Répondre sur feuille de copie
-------	----------------------------	-------------------------------

Calculer la puissance échangée en considérant les conditions d'entrée et sortie des fluides dans l'échangeur indiquées sur le relevé après 3 mois de fonctionnement.

Q.4-2	Document à consulter : DT9	Répondre sur feuille de copie
-------	----------------------------	-------------------------------

Calculer la température de rejet de l'eau de mer (on néglige les pertes de chaleur de l'échangeur).

Q.4-3	Document à consulter : DT9	Répondre sur feuille de copie
-------	----------------------------	-------------------------------

On donne :

$$P = U \times S \times \Delta TLM \text{ avec } \Delta TLM = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

Avec :

- P : Puissance échangée en [kW]
- U : Coefficient d'échange surfacique en $[\text{kW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
- S : Surface d'échange en $[\text{m}^2]$
- ΔTLM : Différence de température logarithmique moyenne en [K]

Calculer le coefficient d'échange surfacique U après 3 mois de fonctionnement.

Comparer cette valeur au coefficient d'échange surfacique initial puis **conclure** à partir des résultats précédents.

Q.4-4		Répondre sur feuille de copie
-------	--	-------------------------------

Proposer une modification de l'installation pour visualiser et une autre pour alerter sur ce besoin de maintenance.

Proposer des actions de maintenance complémentaires pour éviter cette défaillance.

DQ7 – Document Question

5	MAINTIEN DE PRESSION	
		Durée conseillée : 40 min

Cette partie porte sur le maintien de pression dans la boucle d'eau chaude.

Le Groupe de Maintien de Pression (GMP) permet de garder une pression constante dans le réseau malgré les variations de volume de l'eau engendrées par les variations de température.

- La pression statique de l'installation à l'arrêt est : $P_0 = 3$ [bar]
- Les soupapes de sécurité sont tarées à $P_0 + 2$ [bar].

5 - 1	Étude du transmetteur de pression	
-------	-----------------------------------	--

Q.5-1-1	Document à consulter : DT11	Répondre sur feuille de copie
---------	-----------------------------	-------------------------------

La pression mesurée sur l'installation est transmise à l'automate par l'intermédiaire d'un transmetteur de pression.

Ce transmetteur de pression (technique 3 fils) est relié au bornier de l'automate sur les bornes repérées 21, 22 et 23.

Indiquer les repères des 2 bornes permettant de mesurer :

- la tension d'alimentation du transmetteur ;
- la tension du signal de sortie du transmetteur.

Q.5-1-2	Document à consulter : DT11	Répondre sur feuille de copie
---------	-----------------------------	-------------------------------

Donner la valeur de tension d'alimentation du transmetteur attendue.

Donner la plage de tension du signal de sortie du transmetteur de pression.

Indiquer pour la pression P_0 , la tension V_0 attendue aux bornes de la sonde.

5 - 2	Etude du fonctionnement	
-------	-------------------------	--

Q.5-2-1	Document à consulter : DT10, DT11	Répondre sur DR8
---------	-----------------------------------	------------------

Compléter le graphe de fonctionnement en indiquant les différentes valeurs de pressions.

Q.5-2-2	Document à consulter : DT10, DR9	Répondre sur DR8
---------	----------------------------------	------------------

A l'aide des chronogrammes, compléter en cochant le tableau du document réponse en indiquant la position et leur mode de fonctionnement.

DQ8 – Document Question

5 - 3	Analyse du dysfonctionnement	
-------	------------------------------	--

Lors d'une intervention de maintenance provoquant une perte d'eau dans la boucle d'eau chaude, l'alarme générale du pressostat manque d'eau réseau chaleur se déclenche, arrêtant l'installation.

Q.5-3-1	Document à consulter : DT10, DT11	Répondre sur DR9 et sur feuille de copie
---------	-----------------------------------	--

Compléter le chronogramme de l'alarme générale manque d'eau réseau de chaleur.
Proposer une explication au déclenchement de l'alarme.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2024

U 4 : Intégration d'un bien

Durée : 4 heures – Coefficient : 5

DOCUMENTS RÉPONSES

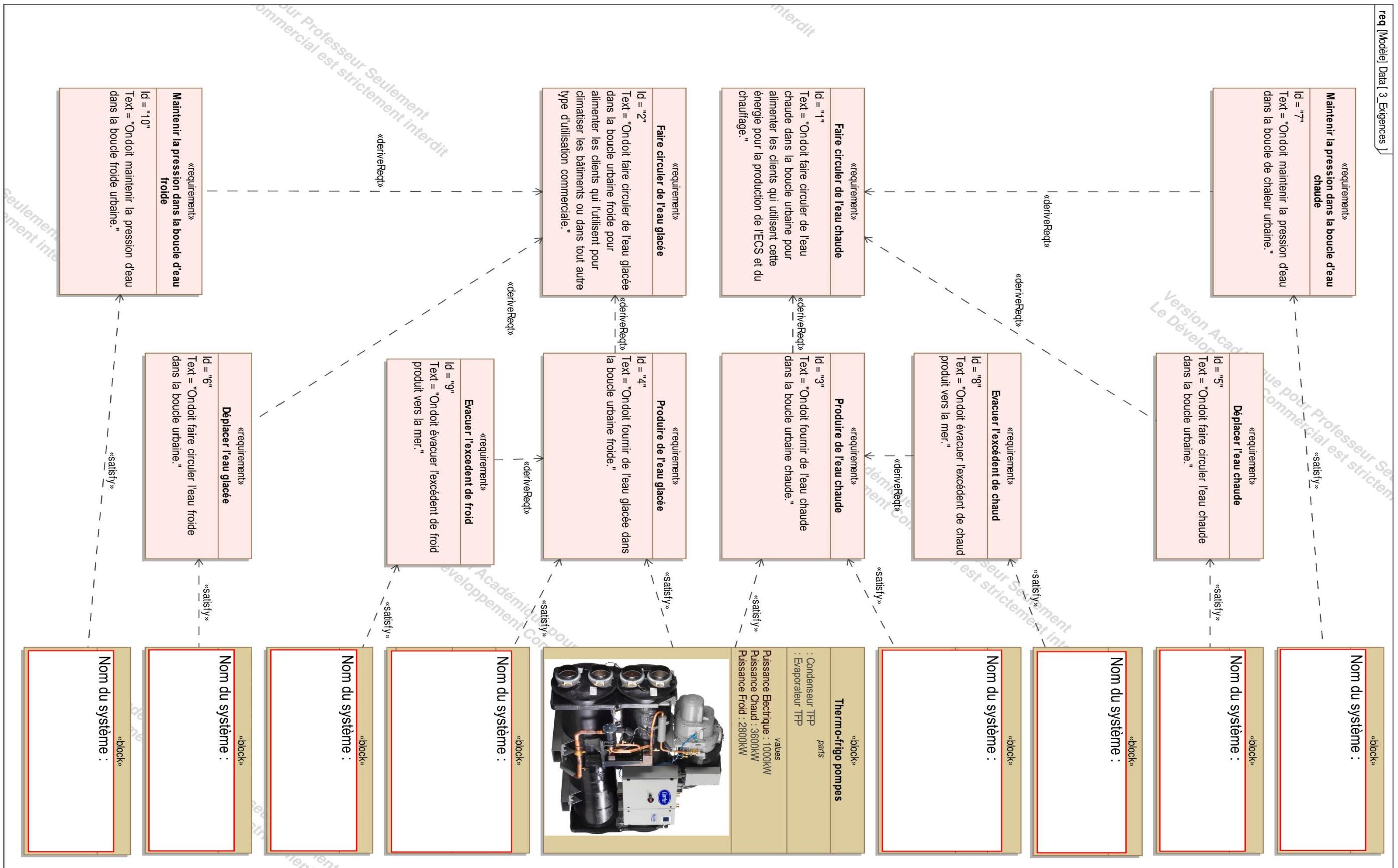
Ce dossier contient les documents DR1 à DR9

de la page 11 à la page 17.

CODE ÉPREUVE : 24-MSU4B	EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES
SESSION : 2024	SUJET	ÉPREUVE E4 : INTÉGRATION D'UN BIEN
Durée : 4h	Coefficient : 5	SUJET N° 03MS24

DR1 – Document réponse : Diagramme des exigences

Q.1-1



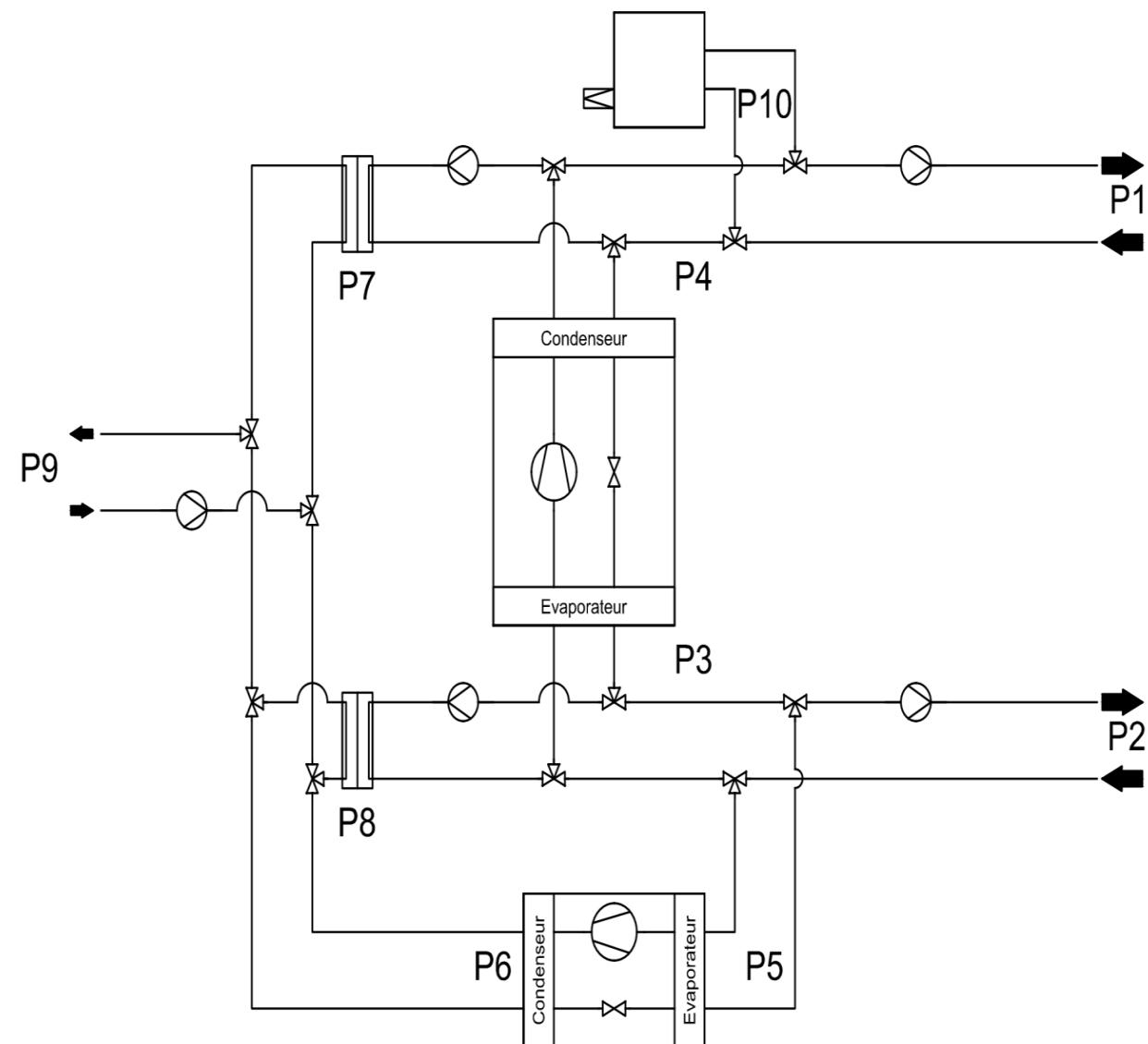
Q.1-2-1

Fonctionnement mode « Canicule »

Lors d'un épisode de canicule, la puissance froide demandée par les clients est supérieure à la puissance froid P_3 que peut produire la TFP. Le groupe froid fournit alors le complément de puissance.

Pour le groupe froid comme pour la TFP, le rapport entre la puissance chaud et la puissance froid est la même : $P_{\text{chaud}} = 1,16 \times P_{\text{froid}}$.

Les puissances maximales que peuvent fournir la TFP et le groupe froid sont :
 $P_{3 \text{ MAX}} = 3 \text{ [MW]}$ et $P_{5 \text{ MAX}} = 2 \text{ [MW]}$



Demande Clients	Réseau de chaleur	Puissance chaud $P_1 =$	0,5 [MW]
	Réseau de froid	Puissance Froid $P_2 =$	4 [MW]
Production	TFP	État de fonctionnement	
		Puissance froid $P_3 =$	
	Groupe froid	Puissance chaud $P_4 =$	
		État de fonctionnement	
		Puissance froid $P_5 =$	
	Chaudière gaz	Puissance chaud $P_6 =$	
		État de fonctionnement	
		Puissance $P_{10} =$	
Puisage/Rejet de chaleur sur eau de mer	Échangeur Chaud	État de fonctionnement	
		Puissance $P_7 =$	
	Échangeur Froid	État de fonctionnement	
		Puissance $P_8 =$	

Q.1-2-2

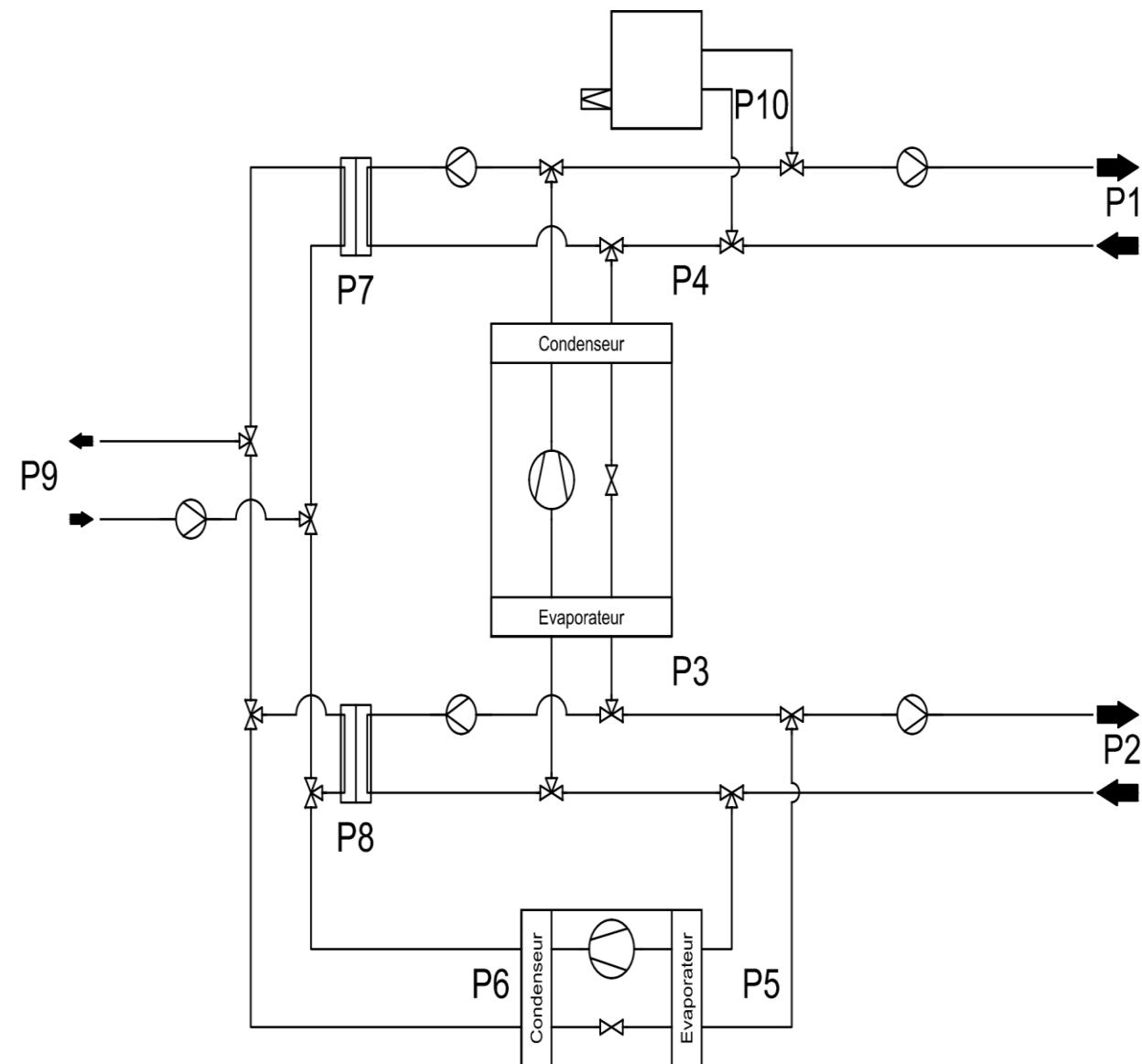
Fonctionnement mode « Maintenance »

La maintenance préventive de la TFP s'effectue en intersaison.

La production de chaud et froid doit alors être assurée par la chaudière et le groupe froid.

Les puissances demandées en chaud et en froid sont alors :

$P_1 = 1,5 \text{ [MW]}$ et $P_2 = 1,4 \text{ [MW]}$.



Demande Clients	Réseau de chaleur	Puissance chaud $P_1 =$	1,5 [MW]
	Réseau de froid	Puissance Froid $P_2 =$	1,4 [MW]
Production	TFP	État de fonctionnement	
		Puissance froid $P_3 =$	
Groupe froid	Chaudière gaz	Puissance chaud $P_4 =$	
		État de fonctionnement	
Puisage/Rejet de chaleur sur eau de mer	Échangeur Chaud	Puissance froid $P_5 =$	
		Puissance chaud $P_6 =$	
Échangeur Froid	Échangeur Chaud	État de fonctionnement	
		Puissance $P_{10} =$	
Puisage/Rejet de chaleur sur eau de mer	Échangeur Froid	État de fonctionnement	
		Puissance $P_7 =$	
Puisage/Rejet de chaleur sur eau de mer	Échangeur Froid	État de fonctionnement	
		Puissance $P_8 =$	

Q.2-1-1

REPÈRE	NOM	FONCTION
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		

Q.2-2-1

T_k : Température de condensation en [K] ; T_o : Température d'évaporation en [K]

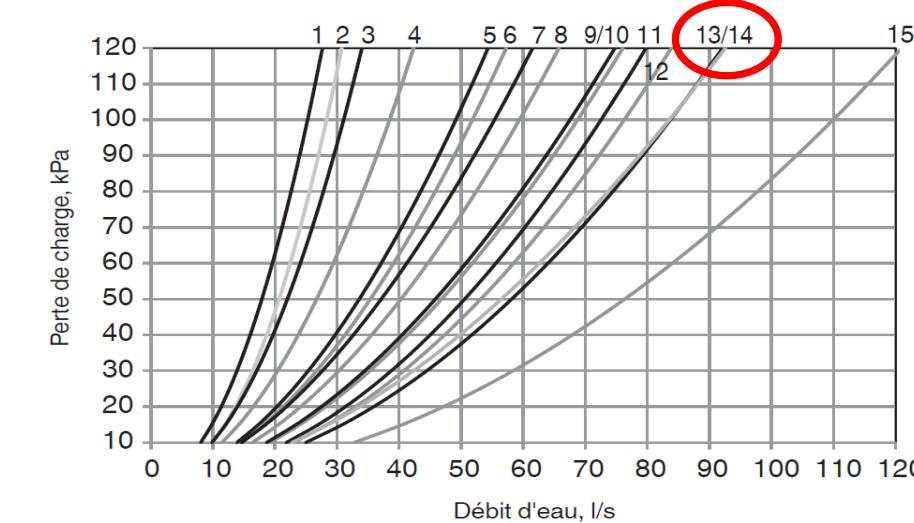
COP_{Carnot} : Coefficient de performance théorique maximum : $COP_{Carnot} = \frac{T_k}{T_k - T_o}$

	Évaporateurs en parallèle		Évaporateurs en série	
	TFP-1	TFP-2	TFP-1	TFP-2
Tk [°C]				
To [°C]				
COP _{Carnot}				

Q.2-2-2, Q.2-2-3, Q.2-2-4, Q.2-2-5 et Q.2-2-6

	POMPES DE CIRCULATION					COMPRESSEURS	TFP
	Débit dans 1 évaporateur [L·s ⁻¹]	Pdc dans 1 évaporateur [kPa]	Pdc dans 2 évaporateurs [kPa]	Puissance hydraulique [kW]	Puissance absorbée [kW]	Puissance absorbée [kW]	Puissance absorbée totale [kW]
Evaporateurs en parallèle	32,5	18	18	0,585	0,713		
Evaporateurs en série							

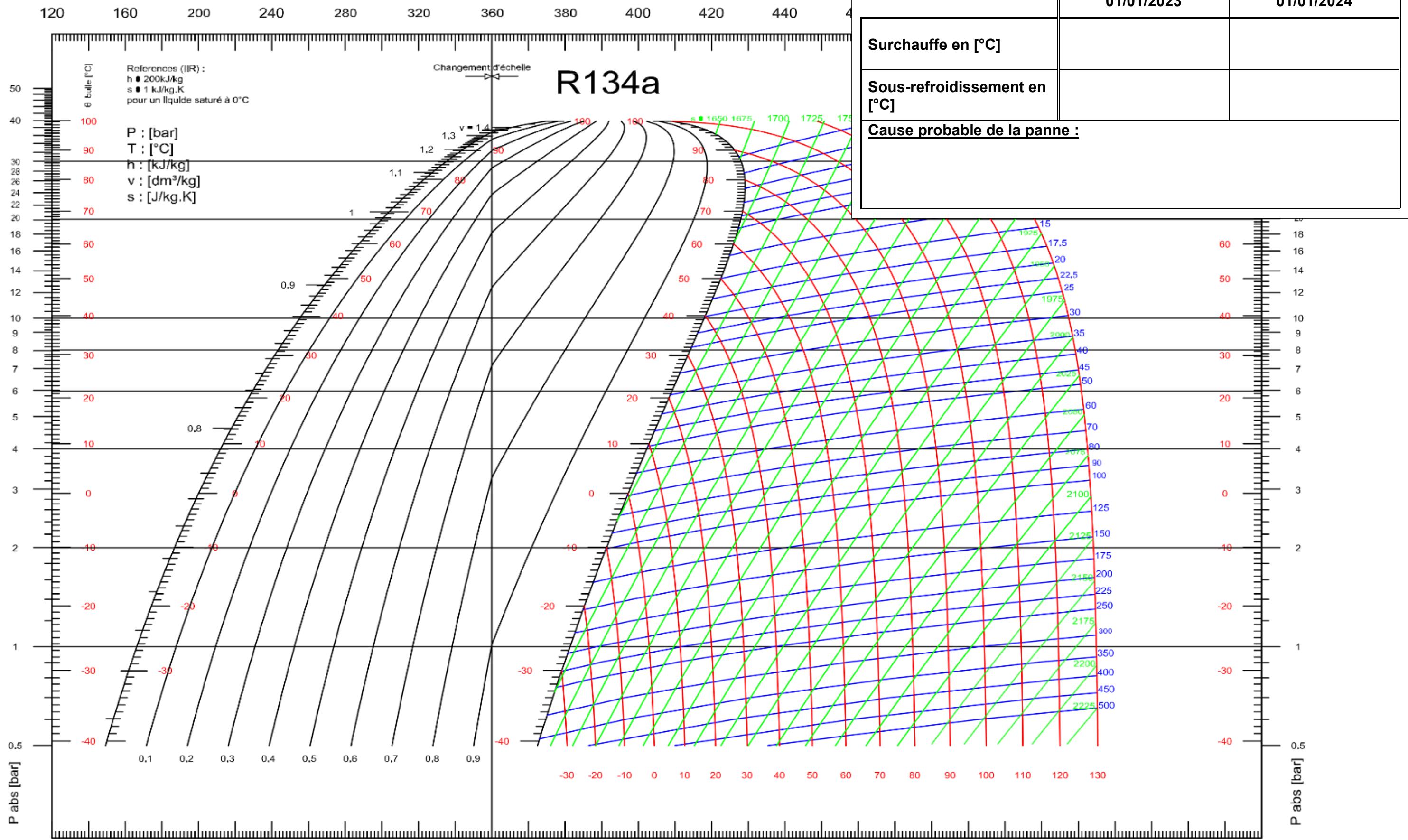
Q.2-2-4



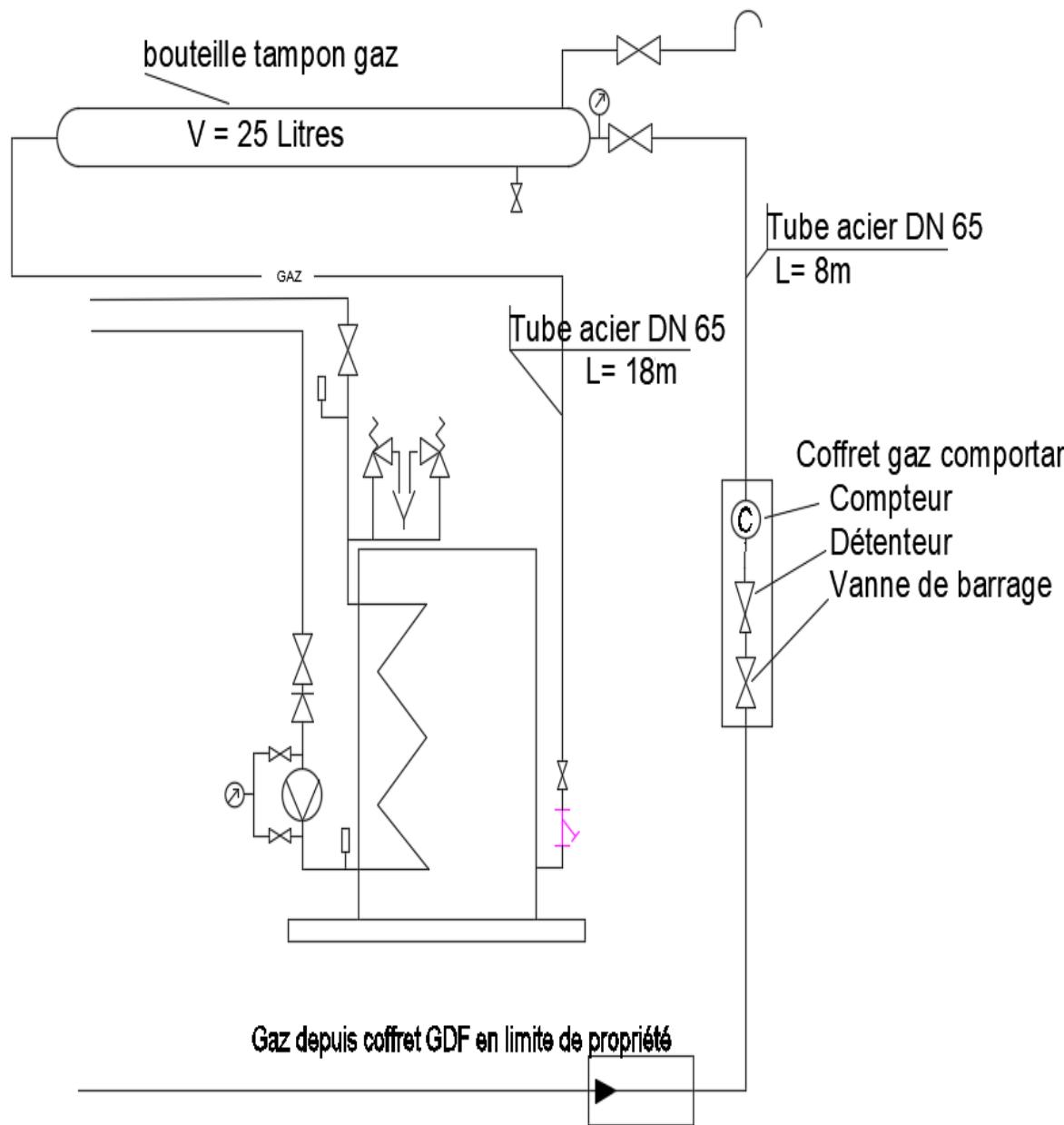
Pertes de charge côté eau d'un évaporateur TFP (modèle 14)

DR6 – Document réponse : Tracé du cycle

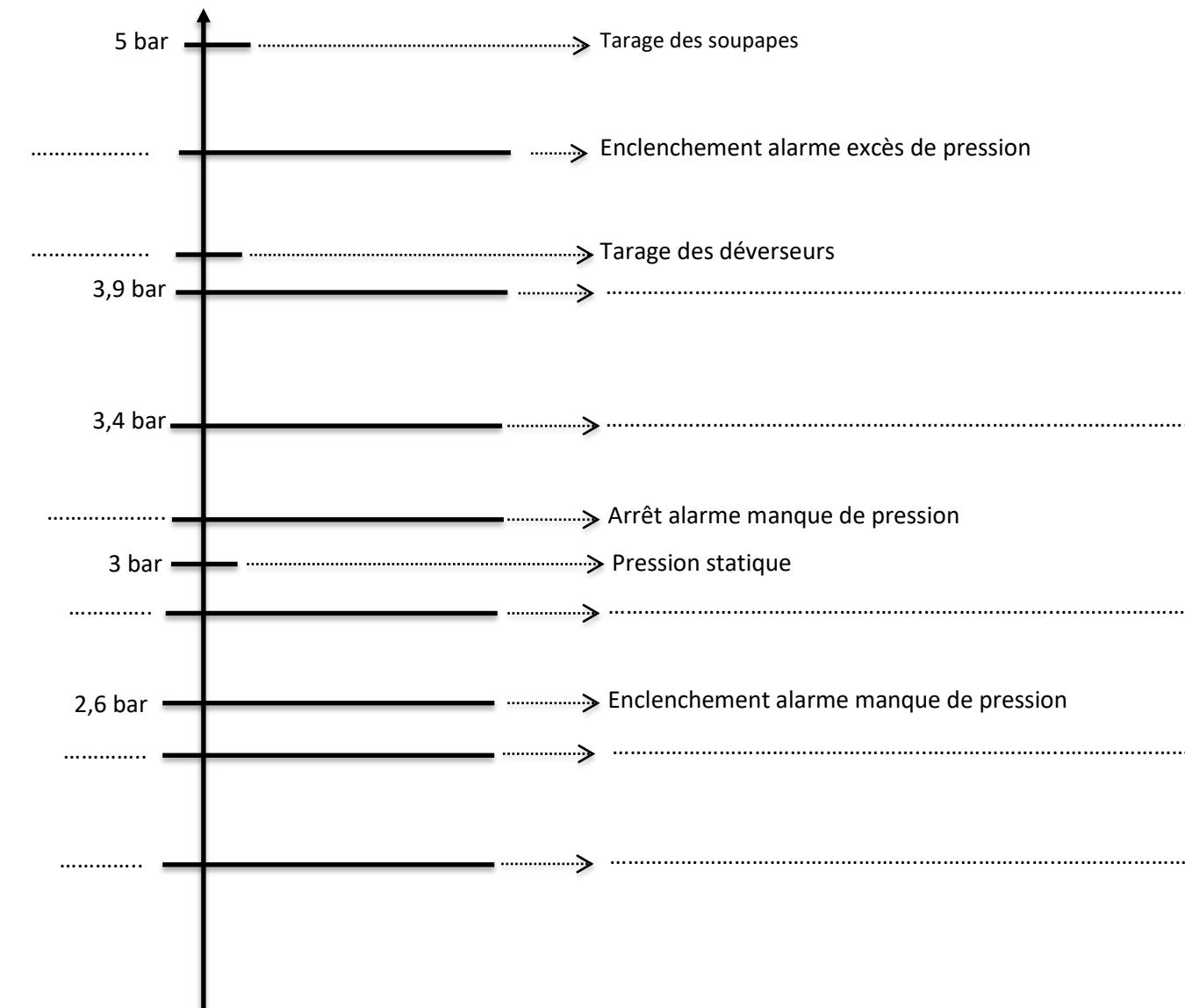
Q.2-1-2, Q.2.1.3



Q.3-1-1



Q.5-2-1



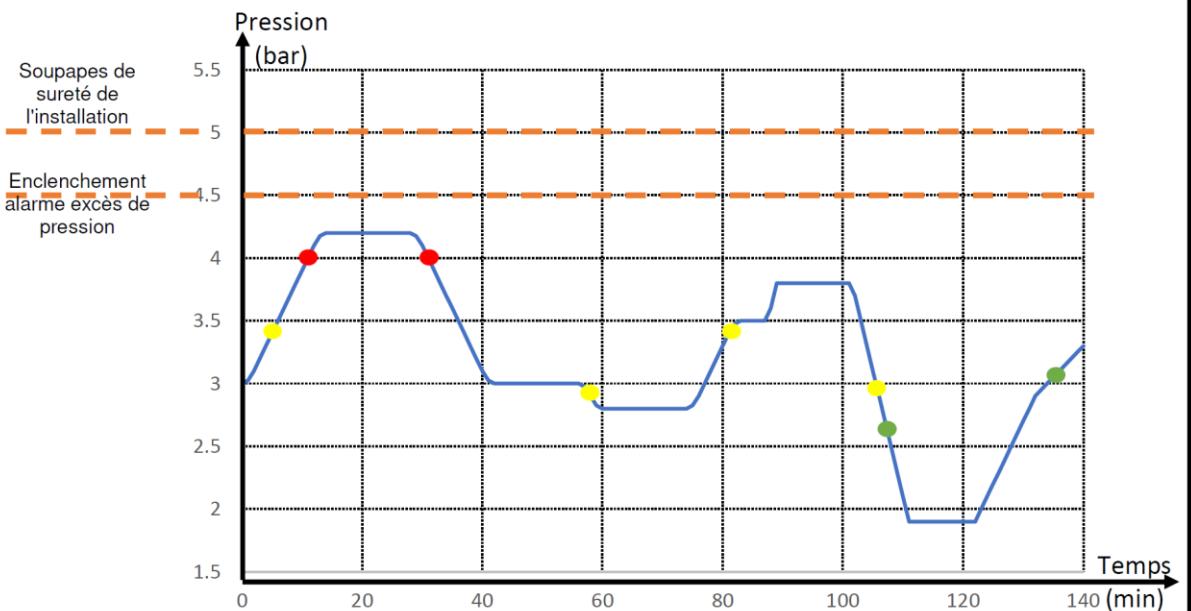
Q.5-2-2

Temps	Déverseur		Pompe		Alarme Manque de pression du GMP	
	Ouvert	Fermé	Marche	Arrêt	Encclenchement	Arrêt
0 min	Ouvert		Marche	X	Encclenchement	
	Fermé	X	Arrêt		Arrêt	X
20 min	Ouvert		Marche		Encclenchement	
	Fermé		Arrêt		Arrêt	
65 min	Ouvert		Marche		Encclenchement	
	Fermé		Arrêt		Arrêt	
90 min	Ouvert		Marche		Encclenchement	
	Fermé		Arrêt		Arrêt	

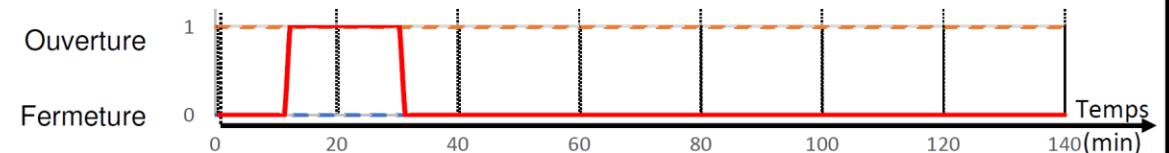
DR9 – Document réponse : Chronogramme du G.M.P

Q.5-3-1

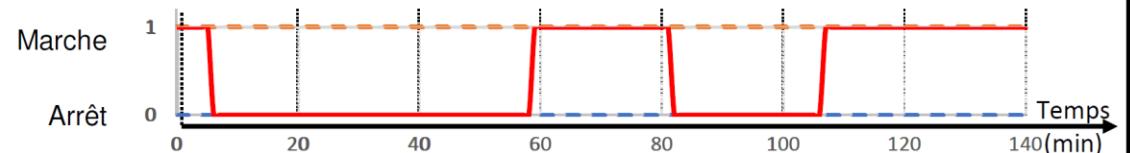
Variation de la pression dans le Réseau de Chaleur en fonction du temps.



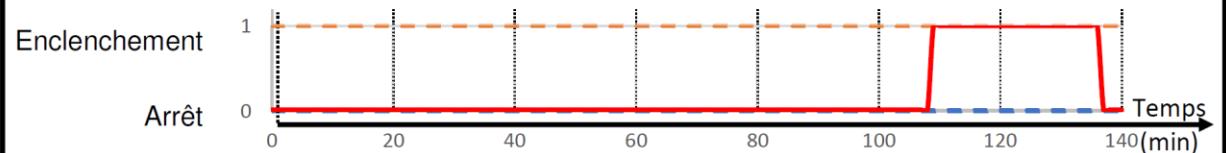
Chronogramme ouvrant (1) ou fermant (0) les déverseurs
en fonction de la pression dans le réseau de chaleur



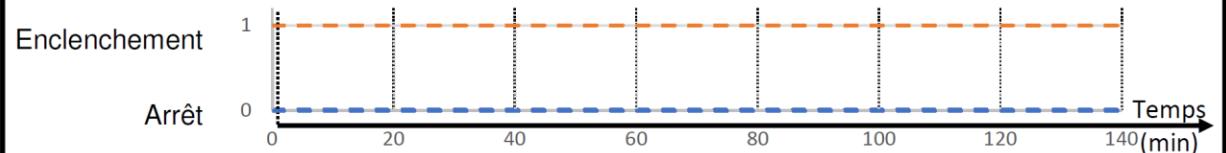
Chronogramme enclenchant (1) ou arrêtant (0) les pompes
en fonction de la pression dans le réseau de chaleur



Chronogramme enclenchant (1) ou arrêtant (0) l'alarme manque de pression
du GMP en fonction de la pression dans le réseau de chaleur



Chronogramme enclenchant (1) ou arrêtant (0) l'alarme générale Manque l'Eau dans le
Réseau de Chaleur en fonction de la pression dans le réseau de chaleur



BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2024

U 4 : Intégration d'un bien

Durée : 4 heures– Coefficient : 5

DOCUMENTS TECHNIQUES

Ce dossier contient les documents DT1 à DT11

de la page 19 à la page 26.

CODE ÉPREUVE : 24-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES
SESSION : 2024	SUJET	ÉPREUVE : E4 : INTÉGRATION D'UN BIEN	
Durée : 4h	Coefficient : 5	SUJET N° 03MS24	Page 18/26

Thermo-Frigo-Pompe (TFP) :

Une Thermo-Frigo-Pompe (TFP) est une machine thermodynamique dont l'énergie utile est à la fois celle rejetée sur la source chaude et celle prélevée à la source froide. Fondamentalement, toute pompe à chaleur ou groupe frigorifique est potentiellement une Thermo-Frigo-Pompe. Néanmoins, pour qu'une Thermo-Frigo-Pompe soit utile, il faut généralement un écart de température entre la source froide et la source chaude sensiblement plus important que ceux pour lesquels on installe un système frigorifique ou un système de chauffage.

Fonctionnement de l'installation :

La Thermo-Frigo-Pompe :

- absorbe de l'énergie sur la boucle froide : puissance P_3 ;
- rejette de l'énergie sur la boucle chaude : puissance P_4 ;
 - compte tenu de l'énergie apportée par le compresseur : $P_4 = 1,16 \times P_3$.

En fonction de la demande des clients en chaud et en froid le système de régulation adapte :

- les puissances de production de la TFP,
- les puissances d'appoint fournies par la chaudière gaz et le groupe froid,
- les puissances absorbées ou rejetées sur l'eau de mer via les échangeurs.

On note :

P_1 : puissance chaud distribuée sur le réseau d'eau chaude

P_2 : puissance froid distribuée sur le réseau d'eau glacée

P_3 : puissance froid produite par la TFP

P_4 : puissance chaud produite par la TFP

P_5 : puissance froid produite par le groupe froid

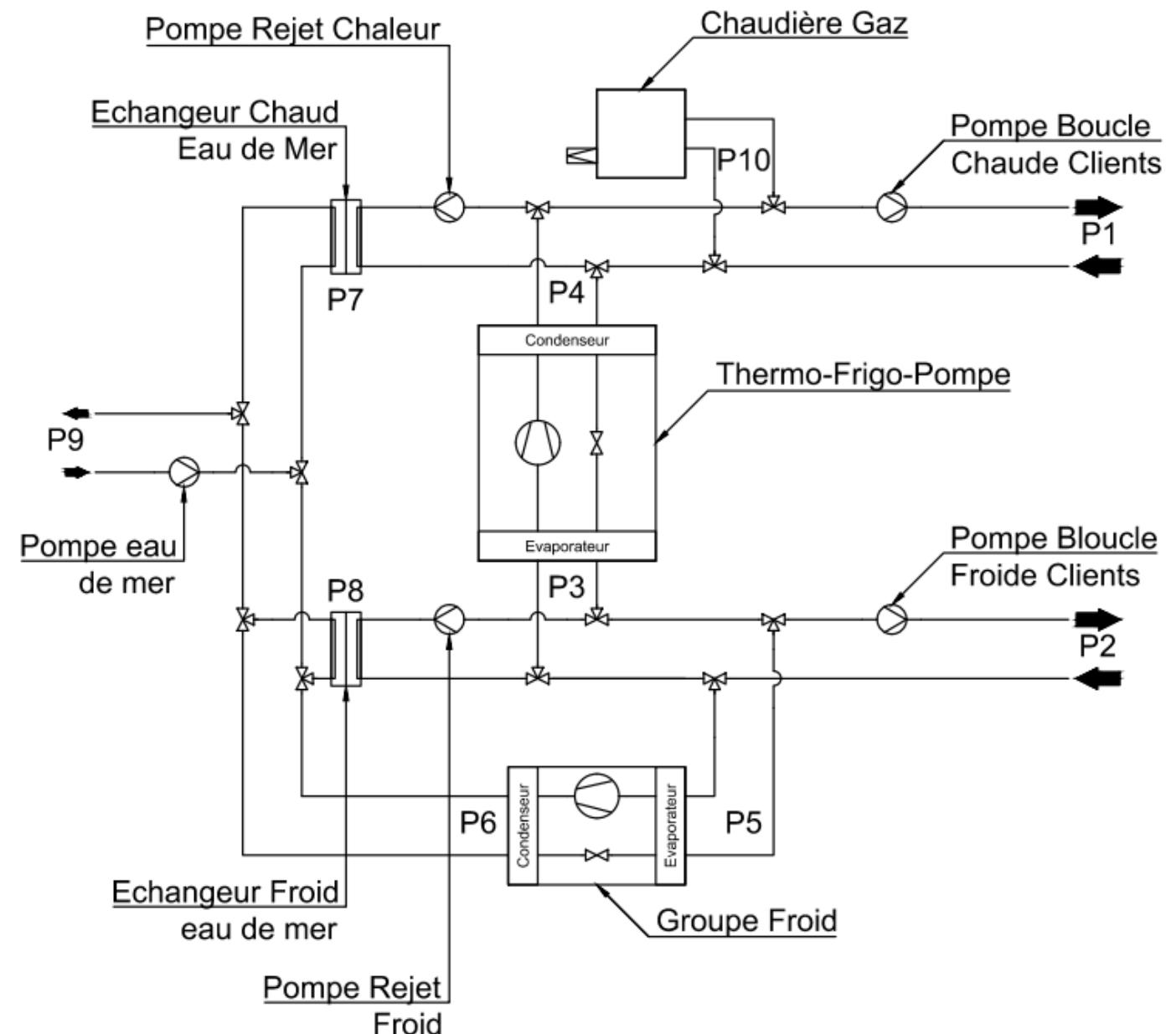
P_6 : puissance chaud rejetée par le groupe froid

P_7 : puissance chaud rejetée sur l'échangeur eau de mer

P_8 : puissance froid rejetée sur l'échangeur eau de mer

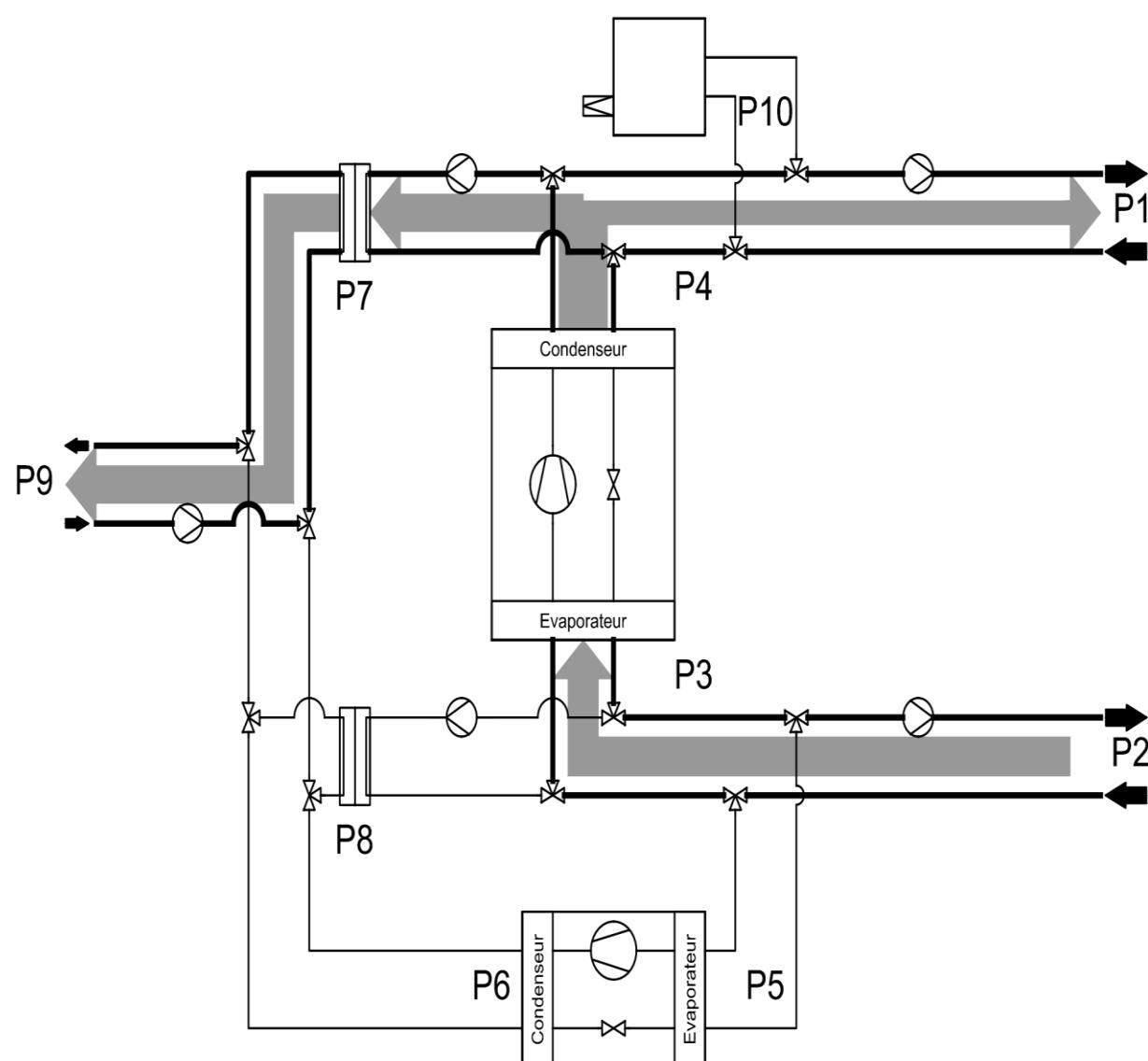
P_9 : puissance rejetée ou puisée sur l'eau de mer

P_{10} : puissance chaud produite par la chaudière gaz



Été

La puissance froid demandée par les clients est supérieure à la demande de chaud. Dans ces conditions, une partie de la chaleur produite par le condenseur de la TFP est rejetée à la mer via l'**Echangeur Chaleur Eau de Mer**.

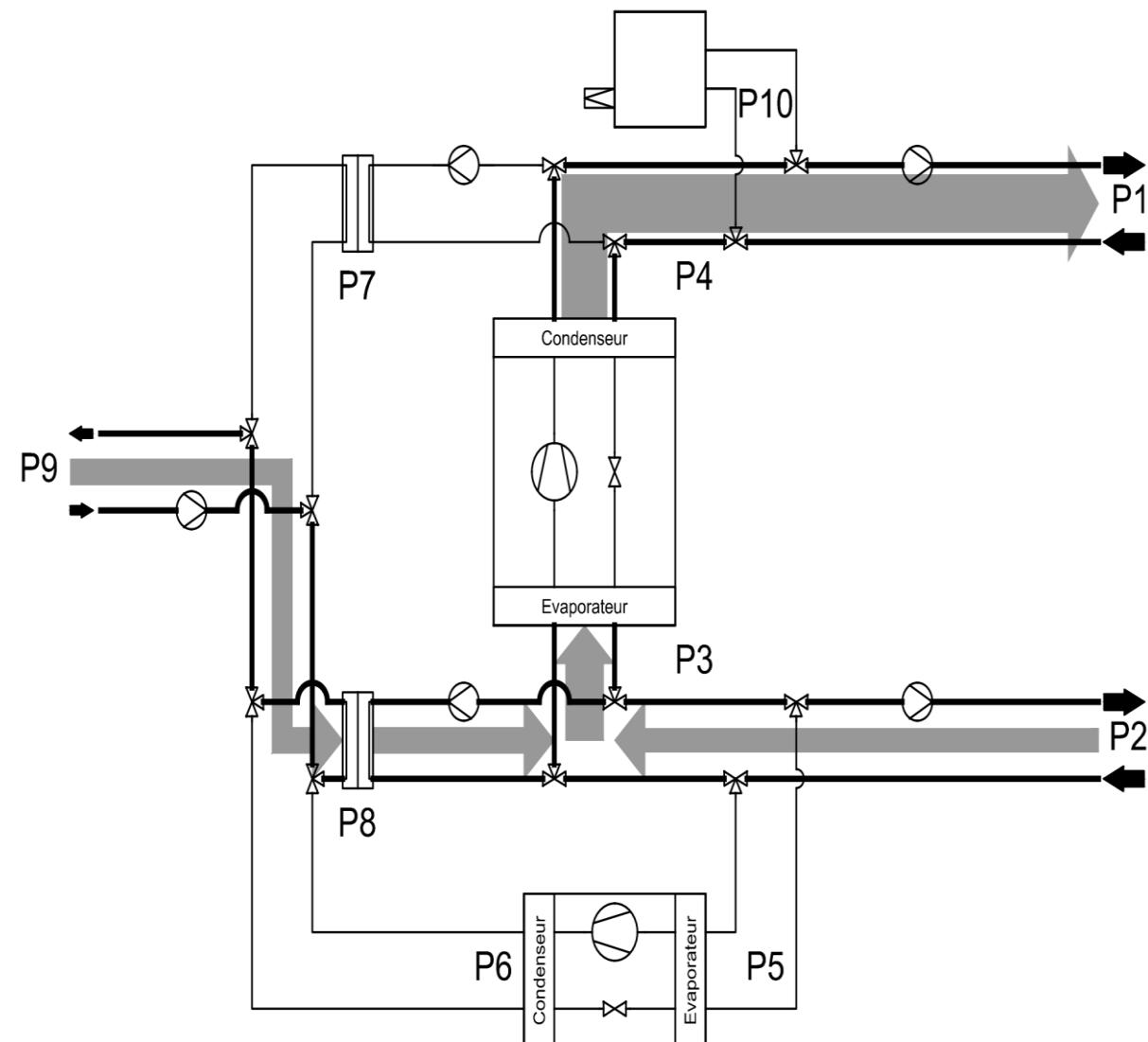


 : Flux d'énergie

Demande Clients	Réseau de chaleur	Puissance chaud $P_1 =$	0,75 [MW]
	Réseau de froid	Puissance Froid $P_2 =$	2,8 [MW]
Production	TFP	État de fonctionnement	MARCHE
		Puissance froid $P_3 =$	2,8 [MW]
		Puissance chaud $P_4 =$	3,25 [MW]
	Groupe froid	État de fonctionnement	ARRÊT
		Puissance froid $P_5 =$	0 [MW]
		Puissance chaud $P_6 =$	0 [MW]
	Chaudière gaz	État de fonctionnement	ARRÊT
		Puissance $P_{10} =$	0 [MW]
Puisage/Rejet de chaleur sur eau de mer	Échangeur Chaud	État de fonctionnement	MARCHE
		Puissance $P_7 =$	2,5 [MW]
	Échangeur Froid	État de fonctionnement	ARRÊT
		Puissance $P_8 =$	0 [MW]

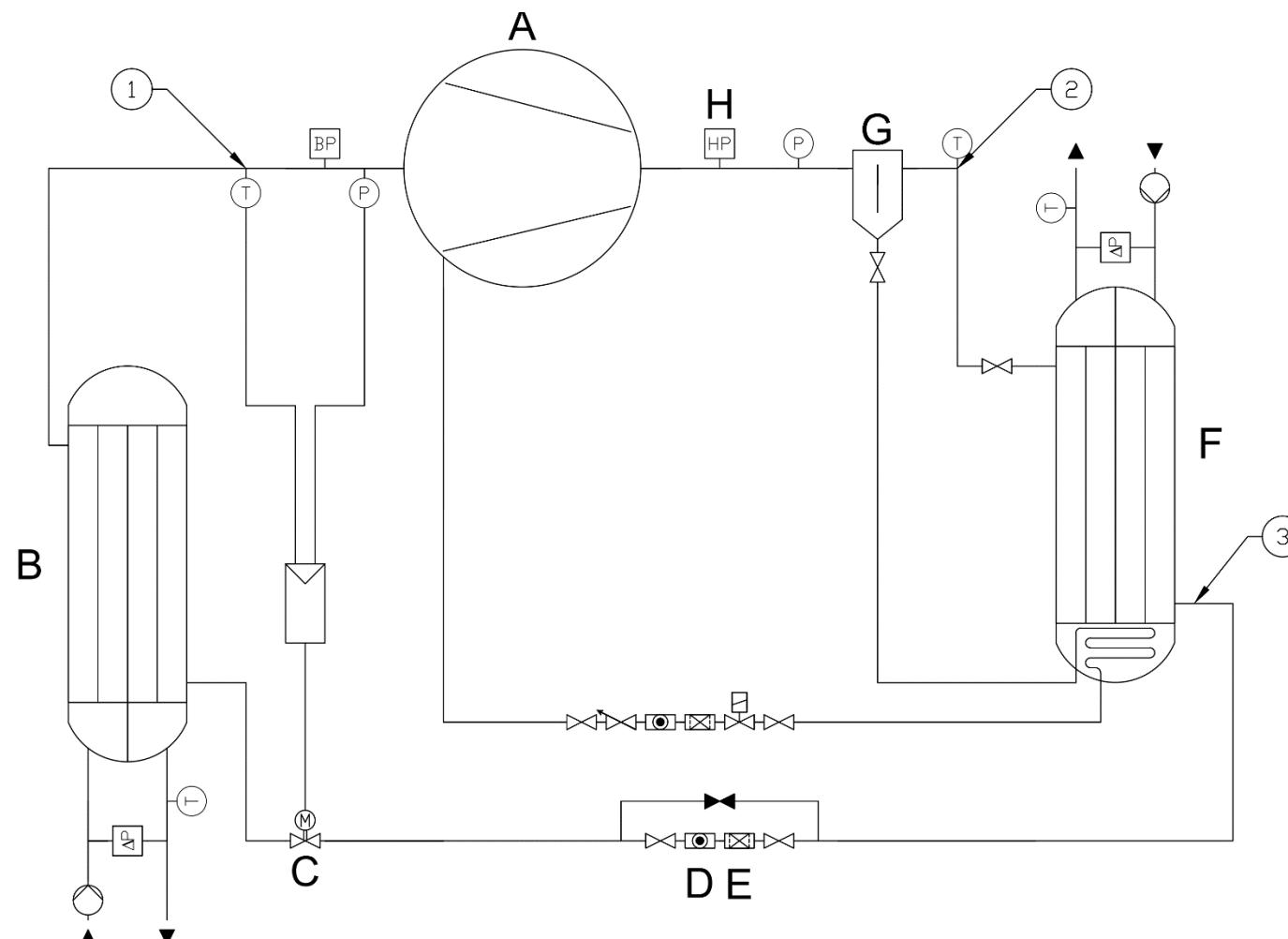
Hiver

La puissance chaud demandée par les clients est supérieure à la demande de froid.
 Dans ces conditions, la chaleur apportée à la TFP par le réseau d'eau glacée est insuffisante.
 L'énergie manquante pour que le condenseur de la TFP couvre la demande de chaud est
 puisée sur l'eau de mer via l'Échangeur Froid Eau de Mer.



→ : Flux d'énergie

Demande Clients	Réseau de chaleur	Puissance chaud P ₁ =	3 [MW]
	Réseau de froid	Puissance Froid P ₂ =	0,5 [MW]
TFP	État de fonctionnement	MARCHE	
	Puissance froid P ₃ =	2,59 [MW]	
	Puissance chaud P ₄ =	3 [MW]	
Production	État de fonctionnement	ARRÊT	
	Groupe froid	Puissance froid P ₅ =	0 [MW]
	Puissance chaud P ₆ =	0 [MW]	
Chaudière gaz	État de fonctionnement	ARRÊT	
	Puissance P ₁₀ =	0 [MW]	
	Échangeur Chaud	État de fonctionnement	ARRÊT
Puisage/Rejet de chaleur sur eau de mer	Puissance P ₇ =	0 [MW]	
	Échangeur Froid	État de fonctionnement	MARCHE
	Puissance P ₈ =	2,09 [MW]	



Relevé de mesures du 01/01/2023 :

Puissance au condenseur : 500 [kW]

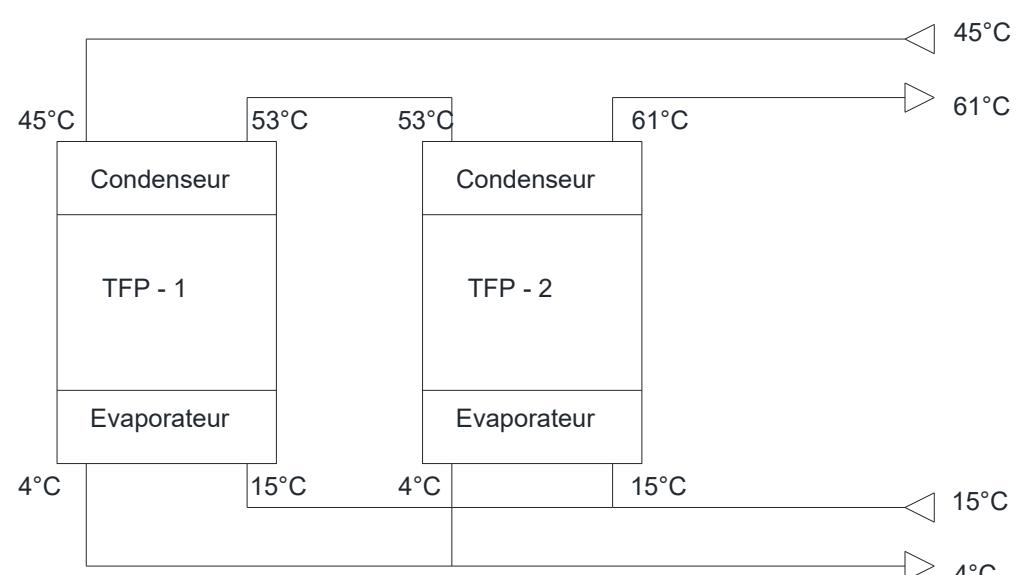
Pression HP lue au manomètre	17 [bar]
Pression BP lue au manomètre	2 [bar]
Température d'aspiration	5 [°C]
Température de refoulement	80 [°C]
Température entrée détendeur	58 [°C]
Température de sortie d'eau de l'évaporateur	4 [°C]

Relevé de mesures du 01/01/2024 :

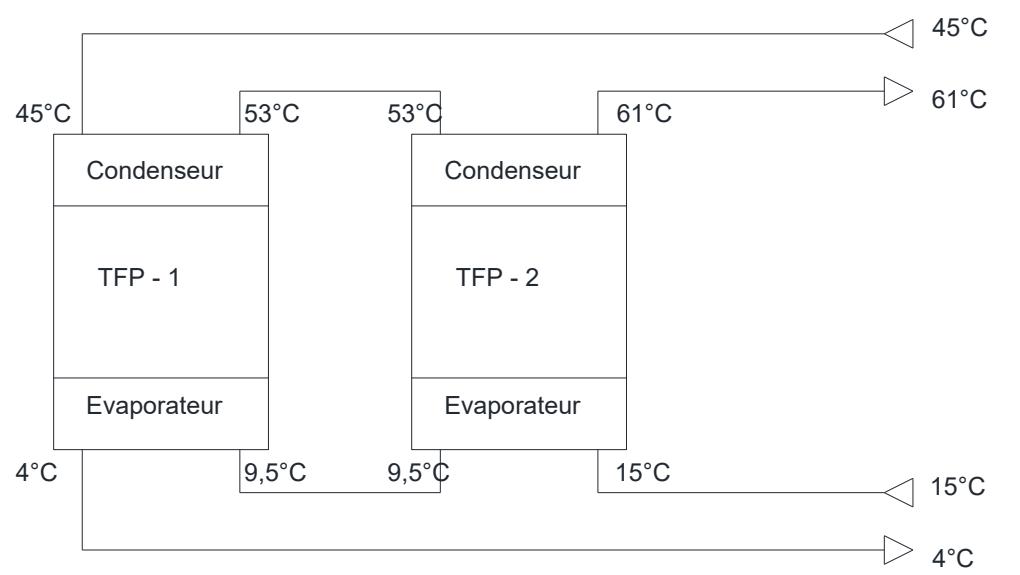
Puissance au condenseur : très insuffisante

Pression HP lue au manomètre	17 [bar]
Pression BP lue au manomètre	1 [bar]
Température d'aspiration	10 [°C]
Température de refoulement	100 [°C]
Température entrée détendeur	61 [°C]
Température de sortie d'eau de l'évaporateur	4 [°C]

Evaporateurs en parallèle :



Evaporateurs en série :



Dimensionnement de la canalisation gaz :

Désignation	
Type de combustible	Gaz Naturel type H
Matériau de la conduite	Acier
Longueur de la conduite	26 [m]
Pression d'alimentation	300 [mbar]
Résultat du calcul du diamètre pour une puissance calorifique de 1,5 [MW]	
Diamètre intérieur minimum théorique	49,3 mm
Résultat du calcul du diamètre pour une puissance calorifique de 2 [MW]	
Diamètre intérieur minimum théorique	55 mm

Calcul des débits de gaz :

Désignation	
Type de combustible	Gaz Naturel type H
PCI	10,6 [kWh·nm ⁻³]
Pression d'alimentation	300 [mbar]
Température du gaz	21 [°C]
Résultat du calcul du débit pour une puissance calorifique de 1,5 [MW]	
Débit gaz pour les conditions réelles	120 [m ³ ·h ⁻¹]
Débit gaz dans les CNTP	144,42 [nm ³ ·h ⁻¹]
Résultat du calcul du débit pour une puissance calorifique de 2 [MW]	
Débit gaz pour les conditions réelles	156,8 [m ³ ·h ⁻¹]
Débit gaz dans les CNTP	188,7 [nm ³ ·h ⁻¹]

Caractéristiques des conduites gaz :

DN	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100
D extérieur [mm]	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9	101,6	114,3
Épaisseur [mm]	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,6	3,6	3,6	4	4
D intérieur [mm]	16,1	21,7	27,3	36	41,9	53,1	68,9	81,7	93,6	106,3

DT8 – Capacité tampon gaz

Définition d'une capacité tampon gaz :

Les volumes tampons gaz sont utilisés pour remédier aux effets de "dépressions" (lors de l'ouverture) ou de "surpressions" (lors de la fermeture) de l'électrovanne de commande d'un brûleur. Ces effets se caractérisent par des déclenchements intempestifs de la sécurité des détendeurs ou des régulateurs qui en sont munis, ou bien des mises en sécurité des pressostats mini ou maxi du brûleur.

Ce volume tampon est généralement installé à l'intérieur d'une chaufferie, à proximité du ou des brûleurs des générateurs.

Contexte réglementaire :

Le **NF DTU 61.1 partie 7** précise les cas où un volume tampon gaz est nécessaire ainsi que la méthode de dimensionnement.

Méthode de calculs de la capacité tampon gaz :

Il conviendra de s'assurer que la canalisation gaz présente une capacité suffisante entre le poste de livraison et la chaufferie pour éviter la fermeture intempestive d'un éventuel détendeur. En l'absence d'indication complémentaire, l'exigence du NF DTU 61.1 partie 7 est à respecter :

Dimensionnement volume tampon gaz		
	Pression aval [mbar]	Volume à prévoir [m ³]
Loi du 1/500 ^{ème}	$p \leq 50$	$Q_n / 500$
Loi du 1/1000 ^{ème}	$50 < p \leq 400$	$Q_n / 1000$

où Q_n : débit nominal du poste [m³·h⁻¹].

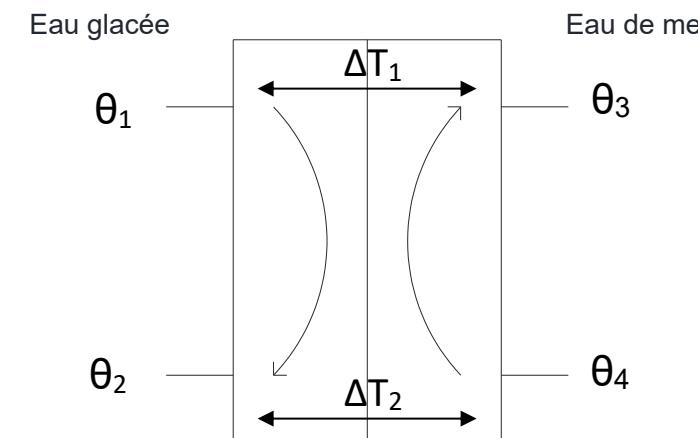
DT9 – Echangeur de chaleur réseau d'eau glacée / eau de mer

Caractéristiques échangeur à plaques :

Nombre de plaques : 132

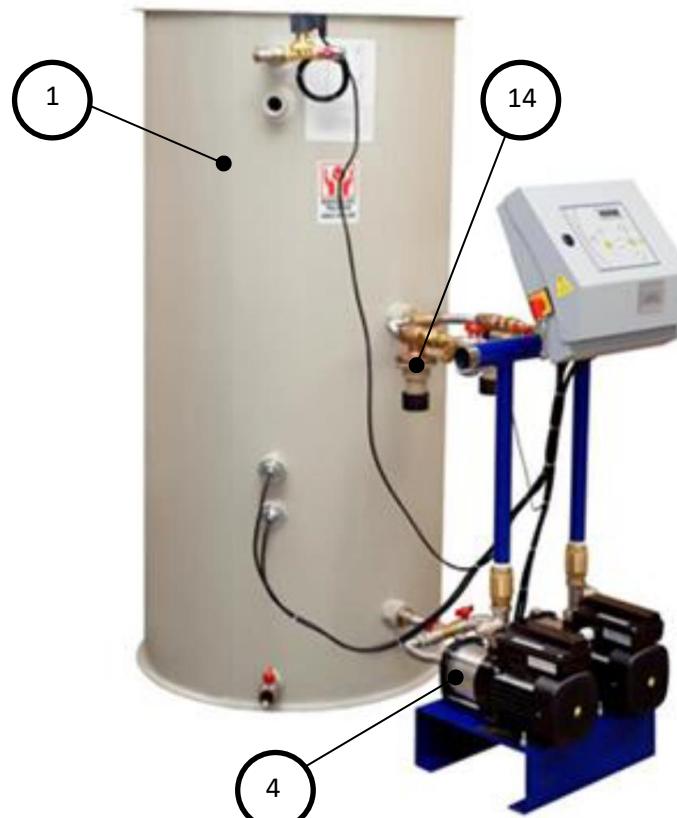
Surface d'échange d'une plaque : 0,95 [m²]

Coefficient d'échange surfacique : $U = 1,82$ [kW·m⁻²·K⁻¹]



Relevé de fonctionnement à la mise en service						
Circuit	Circuit eau glacée			Circuit eau de mer		
Capacité thermique massique du fluide	4,19 [kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]			3,99 [kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]		
Relevés	Débit [kg·s ⁻¹]	θ ₁ [°C]	θ ₂ [°C]	Débit [kg·s ⁻¹]	θ ₃ [°C]	θ ₄ [°C]
	29,9	8,2	14,6	95,6	14,3	16,4
Puissance	802 [kW]			-		
Relevé de fonctionnement après 3 mois de fonctionnement						
Circuit	Circuit eau glacée			Circuit eau de mer		
Capacité thermique massique du fluide	4,19 [kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]			3,99 [kJ·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]		
Relevés	Débit [kg·s ⁻¹]	θ ₁ [°C]	θ ₂ [°C]	Débit [kg·s ⁻¹]	θ ₃ [°C]	θ ₄ [°C]
	29,9	8,3	13,9	95,6	-	15,9

Constitution d'un GMP :



1 Bâche	9 Té de réglage
2 Electrovanne de remplissage	10 Vidange 1"
3 Armoire électrique	11 Trop plein (en dessous de l'électrovanne de remplissage)
4 Pompe	12 Collecteur installation
5 Sonde de pression/Pressostat	13 Anti-bélier
6 Flotteur manque d'eau	14 Déverseur
7 Flotteur de remplissage	15 Couvercle
8 Clapet anti retour	16 Plaque signalétique

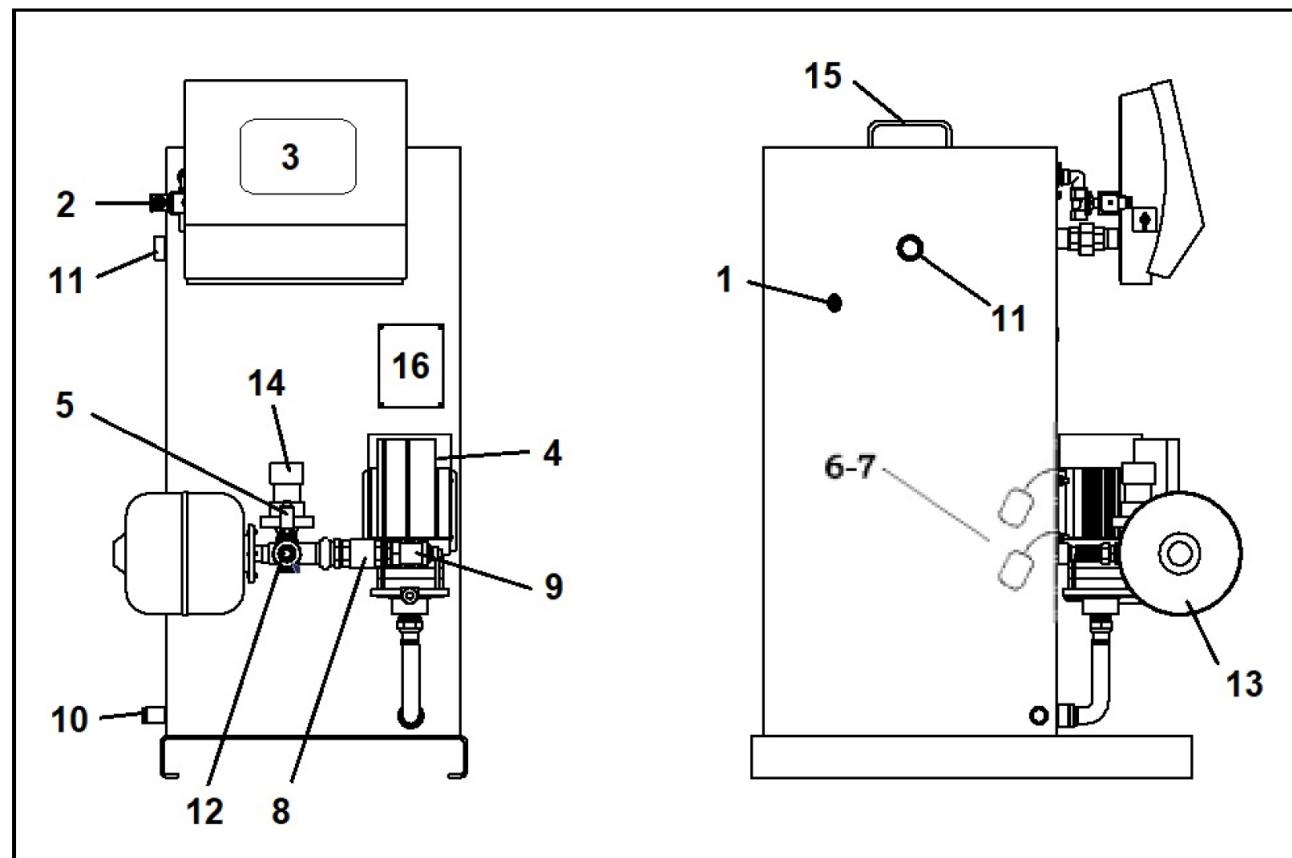
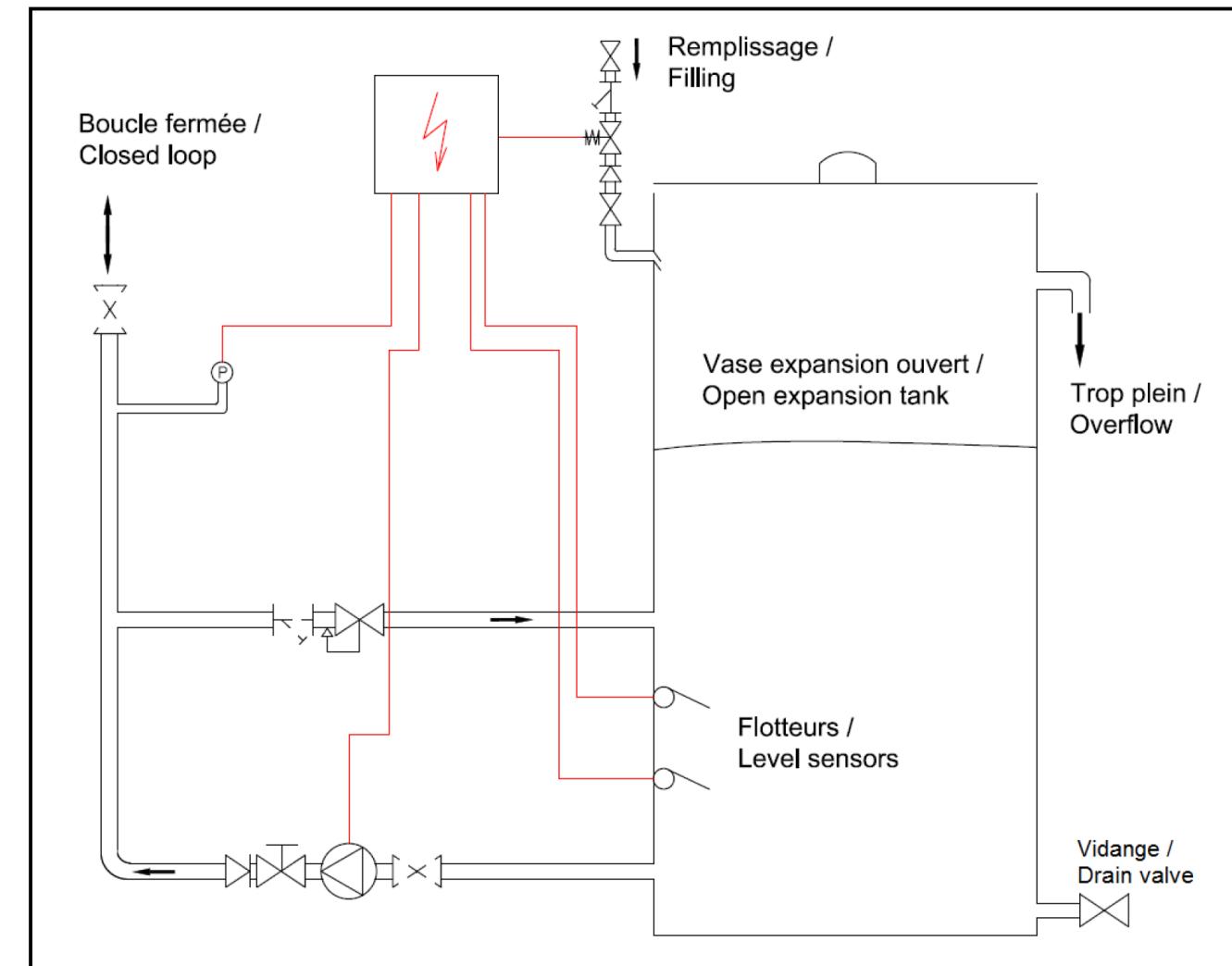


Schéma de principe d'un GMP :



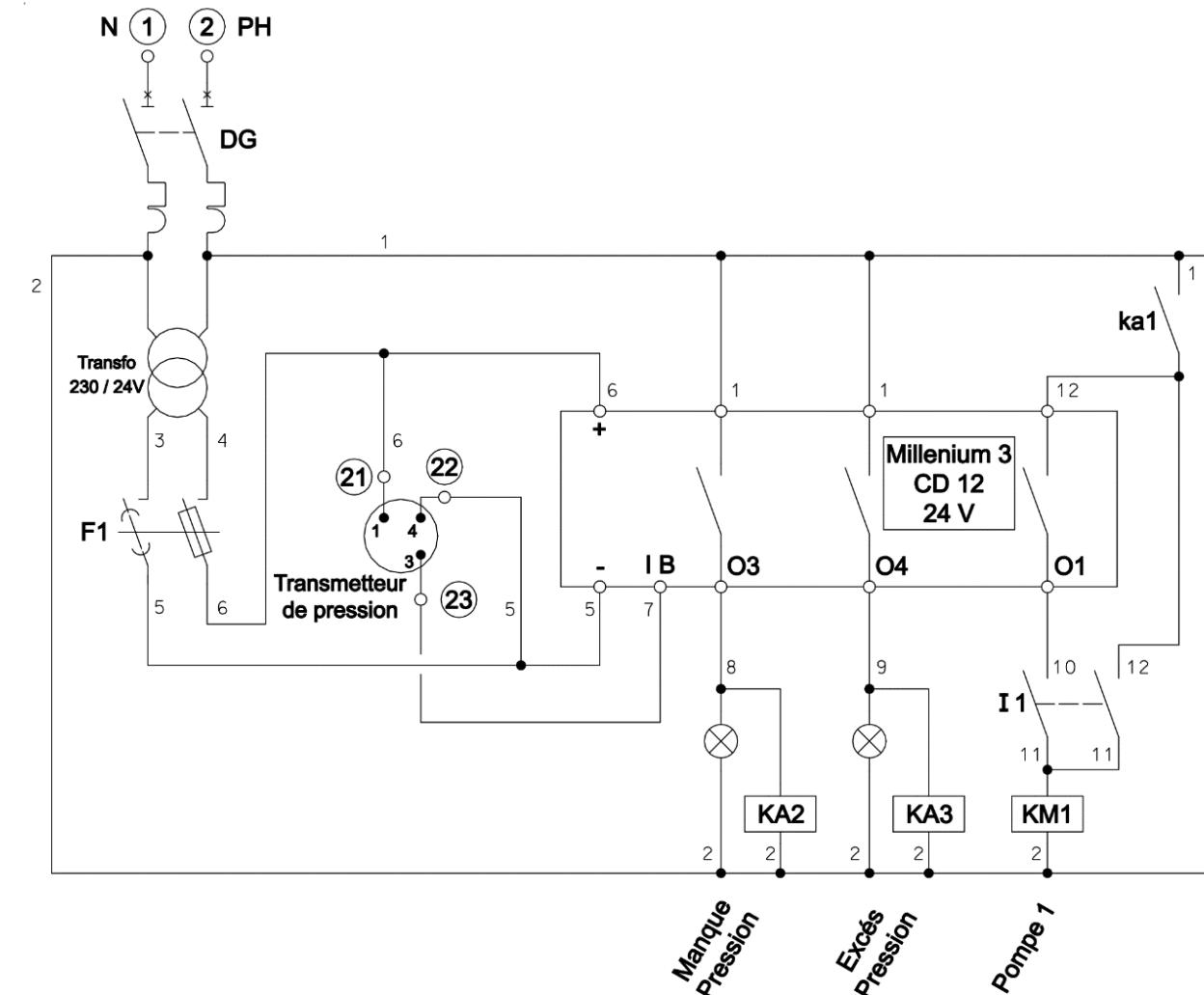
Descriptif de fonctionnement :

Lorsque l'installation monte en température, la pression augmente. Les déverseurs (14) envoient alors l'eau dans la bâche (1). Lorsque la température et la pression diminuent, la ou les pompes (4) se mettent en marche afin de conserver la pression de consigne requise. Un système de capteurs de niveau (6 et 7) permet le remplissage automatique de bâche (1), ainsi que l'arrêt pompe(s) en cas de niveau trop bas. Le régulateur (3) assure le maintien de la consigne et gère les défauts éventuels.

Pressions de marche / arrêt :

Désignation	Réglage Usine		Observations
Alarme excès pression	Enclenchement	$P_0 + 1,5$ [bar]	Fonction assurée par le transmetteur de pression du GMP et l'automate.
	Arrêt	$P_0 + 0,9$ [bar]	
Tarage des déverseurs		$P_0 + 1$ [bar]	Réglage manuel.
Commande pompe	Arrêt	$P_0 + 0,4$ [bar]	Fonction assurée par le transmetteur de pression du GMP et l'automate.
	Marche	$P_0 -0,1$ [bar]	
Alarme manque de pression	Arrêt	$P_0 + 0,1$ [bar]	Fonction assurée par le transmetteur de pression du GMP et l'automate.
	Enclenchement	$P_0 -0,4$ [bar]	
Alarme générale manque d'eau dans le réseau de chaleur	Arrêt	$P_0 - 0,5$ [bar]	Fonction assurée par le transmetteur de pression du GMP et l'automate.
	Enclenchement	$P_0 -1$ [bar]	

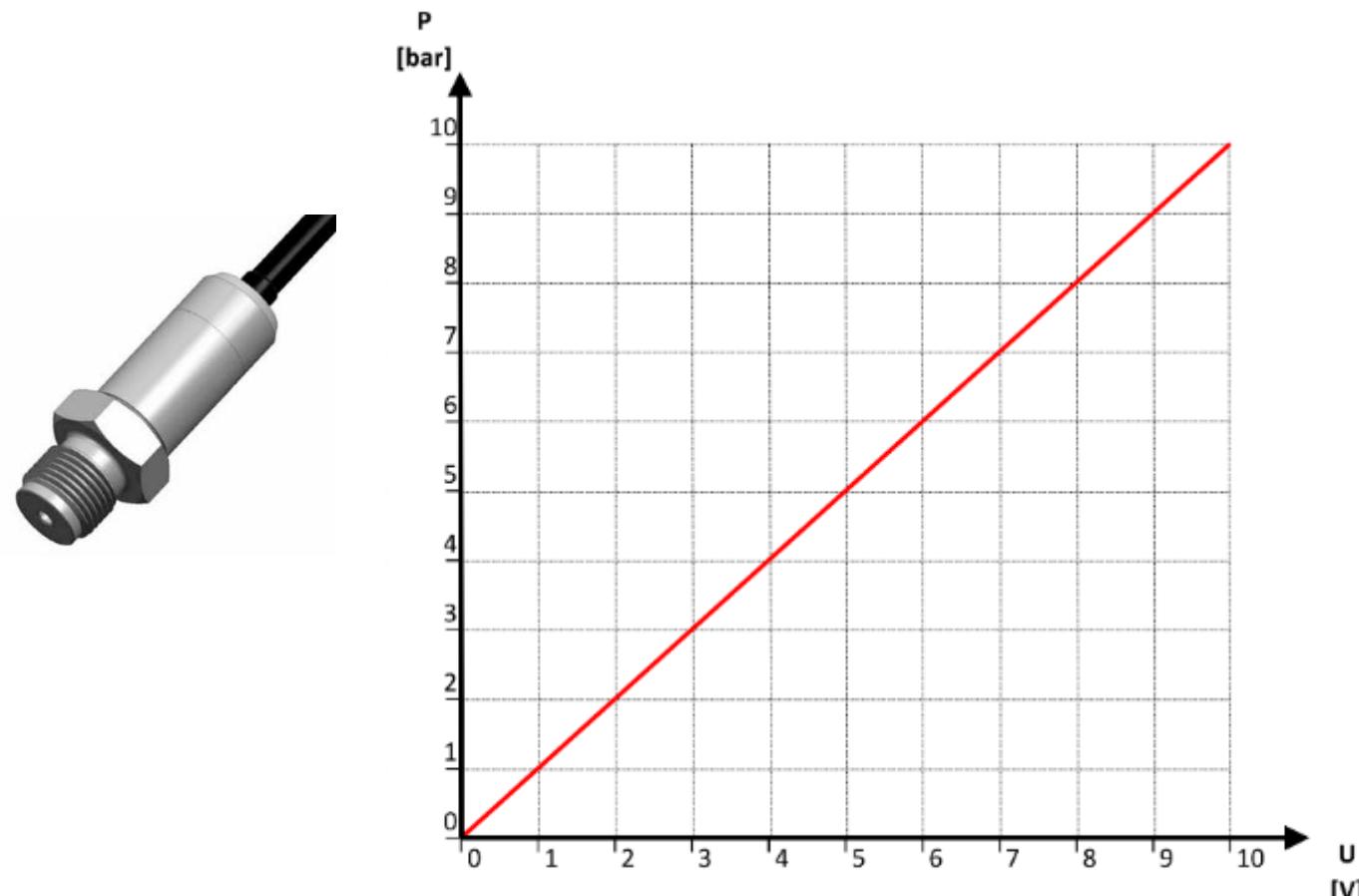
Automate de contrôle :



Transmetteur de pression relative et absolue :

Modèle 515-8-30-0-02-A

Tensions de sortie



Bornier

N	PH	20	21	22	23	26	27	28	29	30	31	16	2	1	16	1	17	6	5	7	33	35
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Alimentation 230V Mono + Terre 50Hz																						
Sous tension																						
Défaut P1																						
Manque eau																						
Manque pression																						
Excès pression																						
Electrovanne																						
Niveau Haut																						
Niveau Bas																						
Transmetteur de pression																						
Pompe P1																						