

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
MAINTENANCE DES SYSTÈMES**

**Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques**

**Session 2023**

**U 4 : Analyse technique en vue  
de l'intégration d'un bien**

Durée : 4 heures – Coefficient : 6

**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 collègue » est autorisé.

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

Le sujet comporte 33 pages numérotées de la façon suivante :

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

Dossier questions : DQ1 à DQ20 de la page 6 à la page 15.

Documents réponses : DR1 à DR16 de la page 17 à la page 25.

Documents techniques : DT1 à DT9 de la page 27 à la page 33.

*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.*

<b>CODE ÉPREUVE : 23-MSU4B</b>		<b>EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR</b>		<b>SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES</b>	
<b>SESSION : 2023</b>	<b>SUJET</b>	<b>ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTÉGRATION D'UN BIEN</b>			
<b>Durée : 4h</b>		<b>Coefficient : 6</b>	<b>SUJET N° 02MS23</b>	<b>Page 1/33</b>	

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2023

### U 4 : Analyse technique en vue de l'intégration d'un bien

Durée : 4 heures – Coefficient : 6

## DOSSIER DE PRÉSENTATION

Ce dossier contient les documents DP1 à DP2

de la page 3 à la page 4.

CODE ÉPREUVE : 23-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES	
SESSION : 2023	SUJET	ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTÉGRATION D'UN BIEN			
Durée : 4h	Coefficient : 6		SUJET N° 02MS23	Page 2/33	

## DP1 – Dossier de présentation

### Présentation générale du site :

Le centre aquatique des Weppes à Herlies (Hauts de France) est un bâtiment à architecture bioclimatique et une construction « Haute Qualité Environnementale ».



Figure 1 : Vue d'ensemble du centre aquatique



Le centre aquatique (Surface : 2198 m<sup>2</sup>) propose à ses usagers : un bassin sportif, un bassin d'apprentissage et éducatif destiné à la petite enfance.

Le centre aquatique et ses 547 m<sup>2</sup> de plans d'eau accueillent tous les publics et a vocation à développer l'apprentissage de la natation et l'accueil de la petite enfance, tout en visant une démarche scolaire et sportive.

Les bassins sont accessibles aux personnes à mobilité réduite. Ils se déclinent de la manière suivante :

- ✓ 1 bassin sportif de 375 m<sup>2</sup> de 25 mètres de long avec 6 couloirs de nage repéré **Bassin 1 (nautique)** sur le synoptique global en **DP2**,
- ✓ 1 bassin d'apprentissage de 172 m<sup>2</sup> avec des d'activités agrémenté de jeux d'eau repéré **Bassin 2 (ludique)** sur le synoptique global en **DP2**.

Il y a aussi :

- ✓ 1 solarium minéral et végétal.
- ✓ 1 jardin d'1 hectare face au site.

Ce bâtiment propose entre autres :

- ✓ des bassins à cuve inox.
- ✓ un traitement des eaux in situ par lagunage.
- ✓ un traitement d'eau à l'ozone avec récupération des eaux pour valorisation.
- ✓ une production eau chaude sanitaire par capteurs solaires thermiques.
- ✓ de la lumière naturelle dans tous les locaux avec contrôle solaire par brise-soleil.
- ✓ des équipements techniques très performants (haut rendement, récupération des calories, etc...).

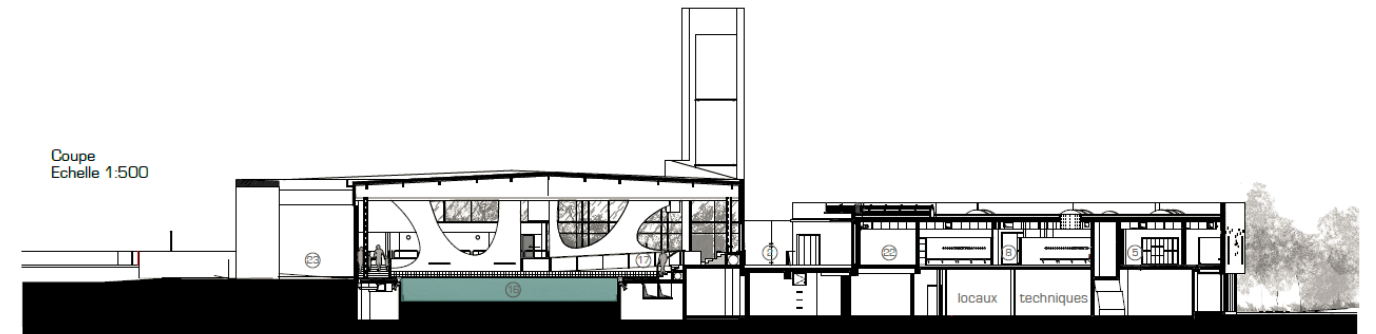
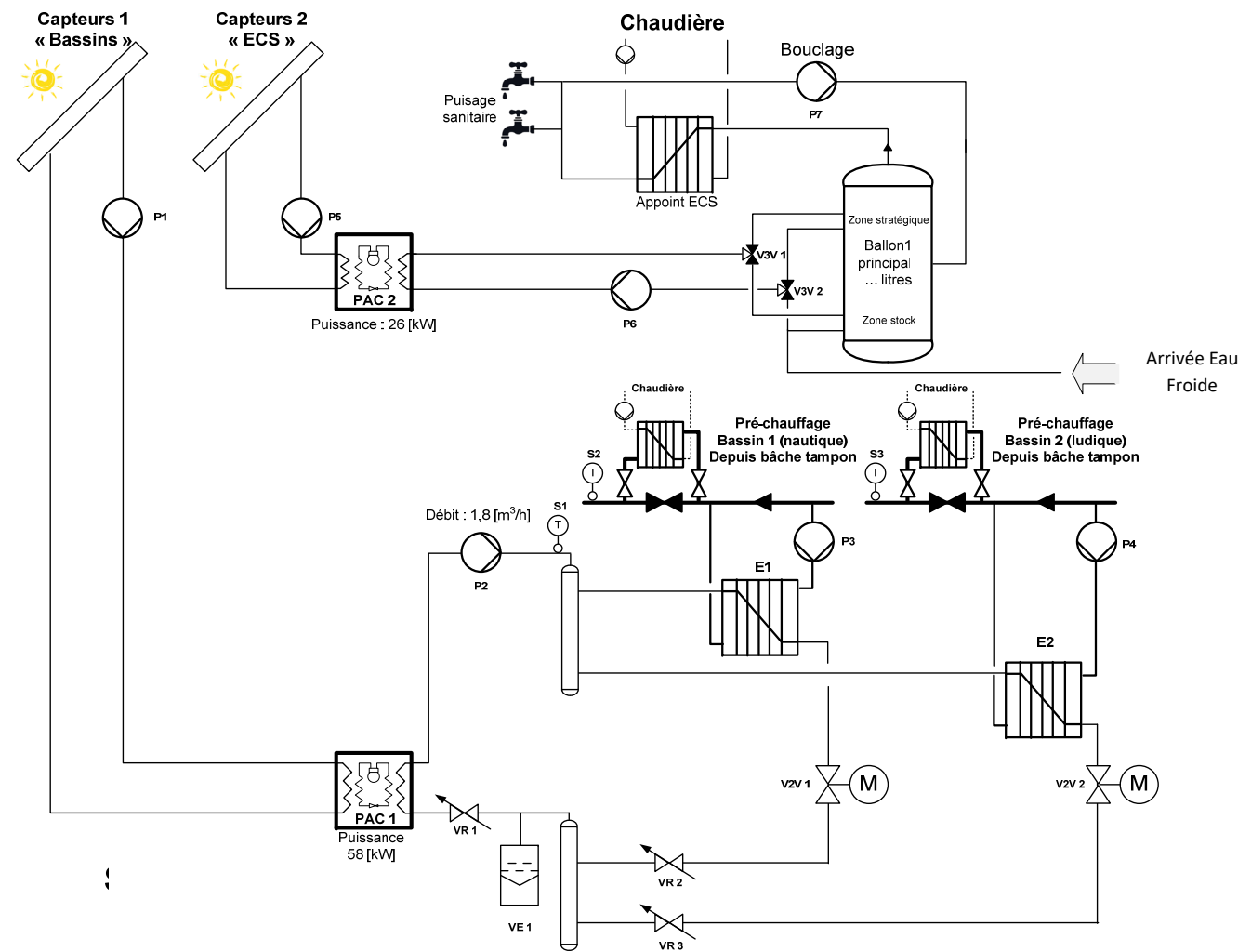
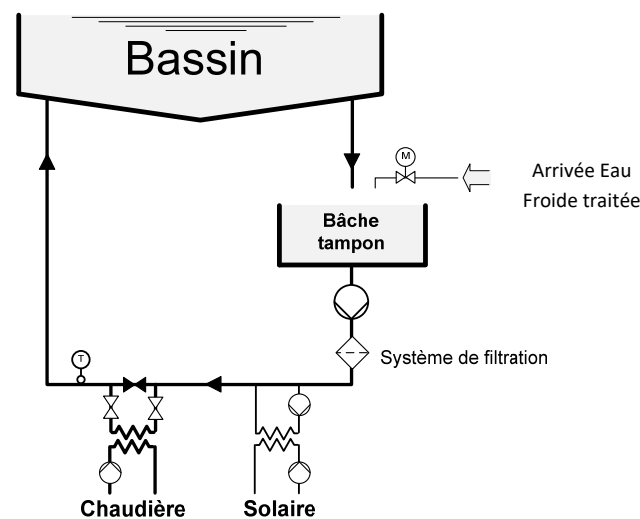


Figure 2 : Vue en coupe du centre aquatique

**Synoptique global de la production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) et du chauffage des bassins :**



**Détail du raccordement hydraulique de chaque bassin :**



**Préchauffage des bassins :**

Les bassins 1 et 2 sont maintenus à température souhaitée grâce à des échangeurs de chaleur alimentés par de l'eau chaude produite en chaufferie. La production de chaleur en chaufferie est réalisée grâce au gaz naturel.

Des échangeurs de préchauffage pour les bassins (voir « synoptique global » et « détail du raccordement hydraulique de chaque bassin ») sont connectés à une première pompe à chaleur **PAC 1** dont la source chaude de puisage d'énergie est une boucle solaire (capteurs « moquette » souples d'une surface de 150 [m<sup>2</sup>] posés sur une structure dédiée à 0,5 [m] de la toiture terrasse).

Cette première pompe à chaleur **PAC 1** « eau glycolée / eau » fonctionnant au R513A délivre une puissance au condenseur d'environ 58 [kW].

**Préchauffage de l'eau chaude sanitaire :**

Une seconde pompe à chaleur de type « eau glycolée / eau » **PAC 2** fonctionnant au R513A délivre une puissance de 26 [kW].

La pompe à chaleur **PAC 2** dont la source chaude de puisage d'énergie est une boucle solaire (capteurs « moquette » souples d'une surface de 50 [m<sup>2</sup>] posés sur une structure dédiée à 0,5 [m] de la toiture terrasse) permet de préchauffer un ballon de stockage d'eau chaude sanitaire **BALLON 1 principal**.

Un échangeur de chaleur alimenté par de l'eau chaude produite en chaufferie permet d'avoir de l'eau chaude sanitaire instantanée.

**Principe de fonctionnement des pompes à chaleur et capteurs associés :**

Les pompes à chaleur (**PAC 1** et **PAC 2**) fonctionnent en associant deux technologies : le solaire thermique et la thermodynamique.

L'énergie calorifique est récupérée par des capteurs solaires « moquette » souples en EPDM (élastomère).

Ces capteurs sont reliés, à l'évaporateur des pompes à chaleur. Celle-ci valorise l'énergie calorifique récupérée par les capteurs et la transmet au ballon d'eau chaude sanitaire ou à l'eau des bassins.

Ce système permet d'exploiter au mieux toutes les conditions climatiques en récupérant la chaleur du rayonnement solaire, de l'air, de la pluie, du brouillard ou du vent. Grâce au capteur solaire basse température, la récupération d'énergie renouvelable se fait de jour comme de nuit.

Seule une couche de neige importante ou des températures extérieures négatives inférieures à - 8 [°C] peuvent empêcher les échanges thermiques.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2023

### U 4 : Analyse technique en vue de l'intégration d'un bien

Durée : 4 heures – Coefficient : 6

## DOSSIER QUESTIONS

Ce dossier contient les documents DQ1 à DQ20

de la page 6 à la page 15.

CODE ÉPREUVE : 23-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES	
SESSION : 2023	SUJET	ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTÉGRATION D'UN BIEN			
Durée : 4h	Coefficient : 6		SUJET N° 02MS23	Page 5/33	

**DQ1 – Dossier questions**

<b>1</b>	<b>ANALYSE DU SYSTÈME</b>	
		Durée conseillée : 15 min

**Contexte** : Il s'agit d'un nouveau contrat d'exploitation. Durant cette période, doivent être engagés à la fois des travaux de mise en service et une démarche de recherches d'économies potentielles. Pour ce faire, il faut bien connaître le site au niveau des énergies et des fluides utilisés sur le site.

<b>Q1-1</b>	Document à consulter : <b>DT1, DP2</b>	Répondre sur <b>DR1</b>
-------------	--	-------------------------

**Indiquer** le type d'énergie utilisée à l'endroit des repères **B** et **C** sur le synoptique global.

<b>Q1-2</b>	Document à consulter : <b>DT1, DP2</b>	Répondre sur <b>DR1</b>
-------------	--	-------------------------

**Indiquer** le type de fluide utilisé à l'endroit des repères **D, E, F** et **G** figurant sur le synoptique global.

**DQ2 – Dossier questions**

<b>2</b>	<b>FROID</b>	
		Durée conseillée : 45 min

**Contexte** : Pour agir contre le réchauffement climatique et réduire les émissions de gaz à effet de serre, la réglementation européenne dite « F-Gaz II » prévoit l'interdiction progressive jusqu'en 2030 de l'utilisation de certains fluides frigorigènes utilisés dans les installations frigorifiques.

L'**objectif pour 2030** est à terme de diviser par **5** les émissions globales de gaz à effet de serre provenant des fluides frigorigènes. Cette réglementation porte sur deux axes principaux :

- l'**interdiction progressive des HFC à fort PRG (Potentiel de Réchauffement Global)**
- la **diminution des quotas de mise sur le marché de HFC** :

Cette dernière mesure a pour but de **réduire la quantité totale de HFC disponible** sur le marché, de telle sorte que la part de HFC restante (21 % en 2030) sera utilisée seulement pour l'entretien du parc installé et pour certaines applications spécifiques pour lesquelles aucune autre alternative n'existera.

**NB : seuls les fluides fluorés non saturés ou HFO (R-1234yz R-1234ze) ne sont pas concernés par ce système de quotas.**

Actuellement, notre pompe à chaleur **SOLERPAC SE513A-14** fonctionne au R513A (mélange composé de 58% de R1234yf et de 42 % de R134a) or le R134a (un HFC) va subir directement l'effet des quotas.

Dans le cadre de cette évolution de réglementation, on vous demande :

- D'étudier les caractéristiques du fonctionnement de la pompe à chaleur fonctionnant au R513A.
- D'étudier les nouvelles performances de la pompe à chaleur fonctionnant au R-1234ze.
- De comparer et d'analyser l'impact de cette réfection.

DQ3 – Dossier questions

**Étude des caractéristiques du fonctionnement de la pompe à chaleur fonctionnant au R513A :**

<b>Q2-1</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR2</b>
-------------	-------------------------------------	-------------------------

On souhaite déterminer la température de condensation de la PAC permettant de produire une eau chaude sanitaire à 65°C.

On donne :

- Un régime d'eau sanitaire de 11/65 [°C]
- L'écart de température entre la moyenne de ce régime d'eau et la température de condensation de 8.5 [°K]

**Calculer et compléter** sur le **DR2** :

- la température d'eau sanitaire moyenne  $\theta_{moyenne}$ ,
- la température de condensation  $\theta_k$ .

<b>Q2-2</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR2</b>
-------------	-------------------------------------	-------------------------

De la même manière, on souhaite déterminer la température d'évaporation de la PAC permettant de produire une eau chaude sanitaire à 65°C.

On donne :

- Le relevé des températures issues de la télégestion :
  - Température d'entrée d'eau glycolée : 10 [°C].
  - Température de sortie d'eau glycolée : 6 [°C].
- Ecart de température entre la moyenne de l'eau glycolée et la température d'évaporation : 6 [°K]

**Calculer et compléter** sur le **DR2** :

- la température d'eau glycolée moyenne  $\theta_{moyenne}$ .
- la température d'évaporation  $\theta_o$ .

<b>Q2-3</b>	Document à consulter : <b>DT2 et DR2</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	--	---------------------------

On souhaite vérifier la cohérence entre les valeurs calculées précédemment et celles relevées.

On relève :

- Pression lue au manomètre HP = 10 [bars].
- Pression lue au manomètre BP = 1,9 [bars].

**Vérifier** que les pressions lues sur les manomètres sont proches des valeurs des températures d'évaporation et de condensation calculées précédemment. **Conclure**.

DQ4 – Dossier questions

**Étude des nouvelles performances de la pompe à chaleur fonctionnant au R1234ze :**

<b>Q2-4</b>	Document à consulter : <b>DT2</b>	Répondre sur <b>DR3</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------

Vous trouverez dans le document technique **DT2**, le diagramme enthalpique avec le fluide existant.

On donne :

- Température de condensation = 46 [°C]
- Température d'évaporation = 2 [°C]
- Surchauffe fonctionnelle dans l'évaporateur = 5 [°K]
- Sous-refroidissement dans le condenseur = 5 [°K]
- Température de sortie compresseur = 70 [°C]

**Tracer** sur le **DR3** le nouveau cycle frigorifique de la pompe à chaleur et **compléter** le tableau de valeurs associé.

<b>Q2-5</b>	Document à consulter : <b>DR3</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-----------------------------------	---------------------------

Le travail réalisé par le compresseur est identique quel que soit le fluide frigorigène utilisé.

On rappelle :

$$\eta_{volumétrique} = 1 - 0,05 \times \left( \frac{p_{HP}}{p_{BP}} \right)$$

et

$$\eta_{volumétrique} = \frac{Q_v \text{ aspiré}}{Q_v \text{ balayé}}$$

Avec :

- $p_{HP}$  : pression absolue en haute pression en [bar]
- $p_{BP}$  : pression absolue en basse pression en [bar]
- $Q_v \text{ aspiré}$  : débit volumique aspiré par le compresseur en [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>]
- $Q_v \text{ balayé}$  : débit volumique balayé par le piston du compresseur en [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>].  $Q_v \text{ balayé} = 44,7 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$
- $\eta_{volumétrique}$  : rendement volumétrique du compresseur

- a) **Calculer** le rendement volumétrique du compresseur.
- b) **En déduire** le débit volumique aspiré par le compresseur.

<b>Q2-6</b>	Document à consulter : <b>DR3</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-----------------------------------	---------------------------

Afin de trouver la puissance fournie par cette pompe à chaleur :

- a) **Calculer** le débit massique circulant dans la pompe à chaleur.
- b) **En déduire** puissance fournie au condenseur.

**Comparaison et analyse de l'impact de cette réfection :**

<b>Q2-7</b>	Document à consulter : <b>DT2 et DR3</b>	Répondre sur <b>DR4</b>
-------------	--	-------------------------

**Compléter** le tableau comparatif en **DR4** et **donner** le paramètre sur lequel agir pour retrouver la puissance initiale fournie par cette pompe à chaleur. **Expliquer** quelle incidence cette sous-puissance va-t-elle avoir sur le temps de chauffe du ballon.

DQ5 – Dossier questions

<b>3</b>	<b>STOCKAGE DE L'ÉNERGIE</b>	
	Durée conseillée : 30 min	

**Contexte** : Une coupure d'électricité a eu lieu durant la nuit. Le problème a été résolu et le courant rétabli. Néanmoins, vous souhaitez vérifier que tout fonctionne correctement au niveau des installations thermiques en particulier au niveau de la zone du ballon de stockage d'eau chaude sanitaire. En effet cette zone est alimentée électriquement par une armoire électrique déportée dans laquelle un déclenchement a pu se produire.

**Relevé réalisé sur place par le technicien :**

- Heure de l'intervention : 8h30
- Vanne 3 voies **V1** et **V2** : position A
- Pompes de charge **P5** et **P6** : à l'arrêt
- Pompe à chaleur **PAC 2** : à l'arrêt
- Température au niveau de **S2** : 59 [°C] (mesure sur thermomètre à cadran)
- Température au niveau de **S1** : 56 [°C] (mesure sur thermomètre à cadran)

<b>Q3-1</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR5</b>
-------------	-------------------------------------	-------------------------

**Indiquer** l'état des pompes de circulation (**P5** et **P6**), de la pompe à chaleur (**PAC 2**) et des vannes (**V1** et **V2**) au moment de l'intervention du technicien.

On se propose d'analyser le principe de fonctionnement dans un cadre de fonctionnement normal afin de le comparer aux relevés précédents.

<b>Q3-2</b>	Document à consulter : <b>DT3</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-----------------------------------	---------------------------

**Indiquer** les valeurs des températures au niveau des sondes **S1** et **S2** affichées par le relevé de télémétrie au moment de l'intervention du technicien.

<b>Q3-3</b>	Document à consulter : <b>DT4</b>	Répondre sur <b>DR5</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------

**Compléter** les chronogrammes d'état en **DR5** en vous aidant du principe de fonctionnement du stockage ECS donné en **DT4**.

<b>Q3-4</b>	Document à consulter : <b>DR5</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-----------------------------------	---------------------------

**Comparer** les états ou les positions avec les relevés du technicien et **préciser** si la coupure électrique a eu une influence sur le fonctionnement du système.

DQ6 – Dossier questions

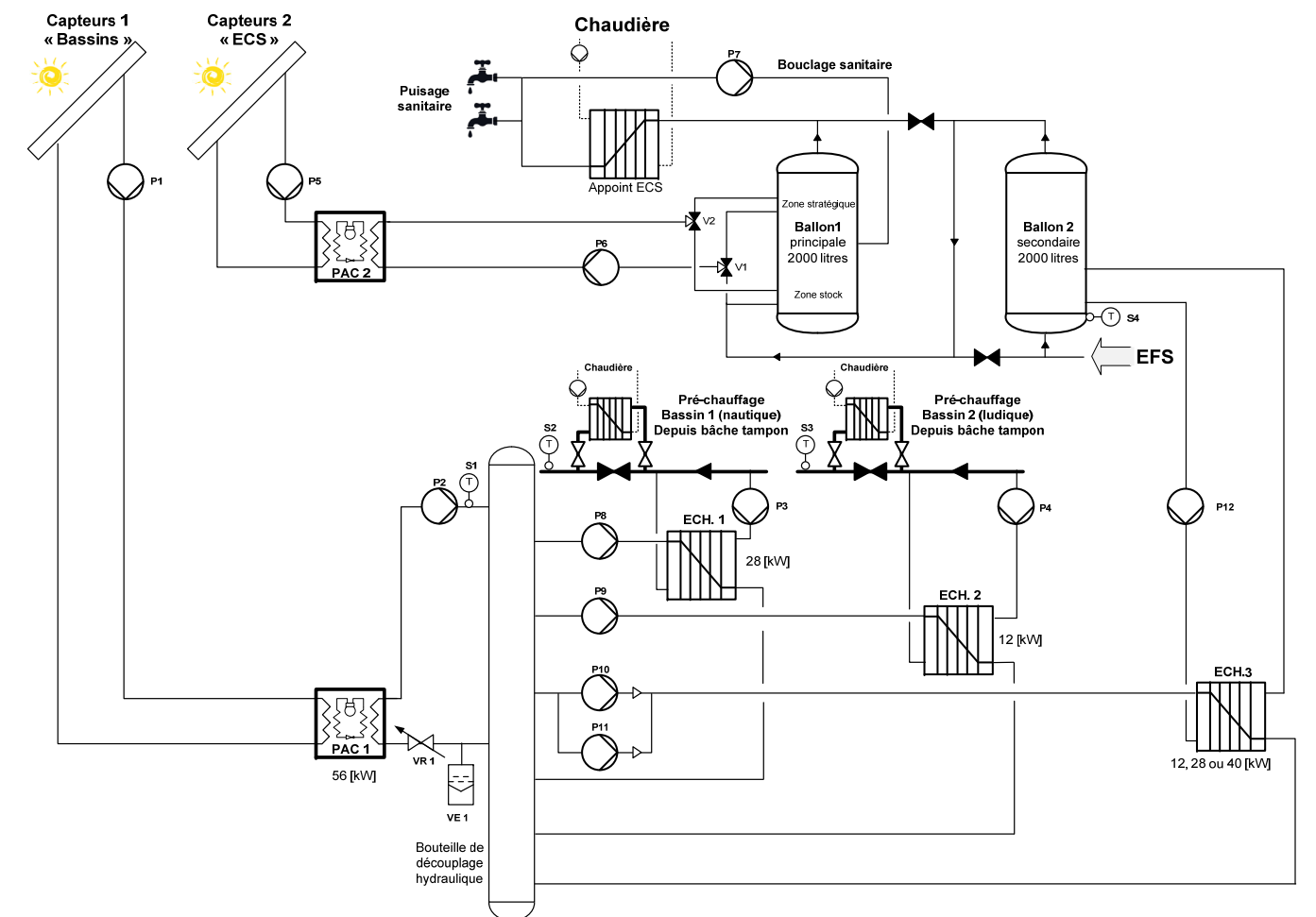
<b>4</b>	<b>AMÉLIORATION HYDRAULIQUE</b>	
	Durée conseillée : 105 min	

**Contexte** : Il arrive parfois que les bassins ne nécessitent pas d'appoint de chaleur apporté par la pompe à chaleur (**PAC 1**) alors que celle-ci serait en capacité de continuer à fournir de la chaleur.

Il est donc possible d'utiliser la pompe à chaleur (**PAC 1**) en certaines circonstances pour charger un ballon ECS secondaire (**ballon 2**).

Cela nécessite quelques modifications hydrauliques. Il est prévu (voir synoptique ci-dessous) :

- d'intégrer une bouteille de découplage hydraulique tout en conservant les pompes en places,
- de rajouter un troisième échangeur (**ECH. 3**),
- de rajouter des pompes de circulation sur le primaire (**P10** et **P11**) et le secondaire (**P12**) de ce troisième (**ECH. 3**).





DQ7 – Dossier questions

**Intégration d'une bouteille de découplage hydraulique :**

**Contexte :** Dans le cadre de l'implantation de la bouteille de découplage sur site, on vous demande de la dimensionner intégralement dans un premier temps et surtout de vérifier qu'elle puisse être réellement installée sur site, donc de définir sa hauteur.

<b>Q4-1</b>	Document à consulter : <b>DT5</b>	Répondre sur <b>copie</b> et <b>DR6</b>
-------------	-----------------------------------	---

On donne :

- Puissance des condenseurs 52 [kW]
- Régime de températures d'eau au primaire 60/40 [°C]
- Chaleur massique de l'eau 4,185 [kJ·kg<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>]
- Masse volumique de l'eau 1000 [kg·m<sup>-3</sup>]
- Perte de charges moyenne recherchée 12 [mmCE·m<sup>-1</sup>]

- a) **Calculer** le débit volumique au primaire en [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>].
- b) A l'aide de l'abaque de pertes de charges, **déterminer** le diamètre du tube au primaire.
- c) En **déduire** le Diamètre Nominal (DN) au primaire.

<b>Q4-2</b>	Document à consulter : <b>DT5</b>	Répondre sur <b>DR7</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------

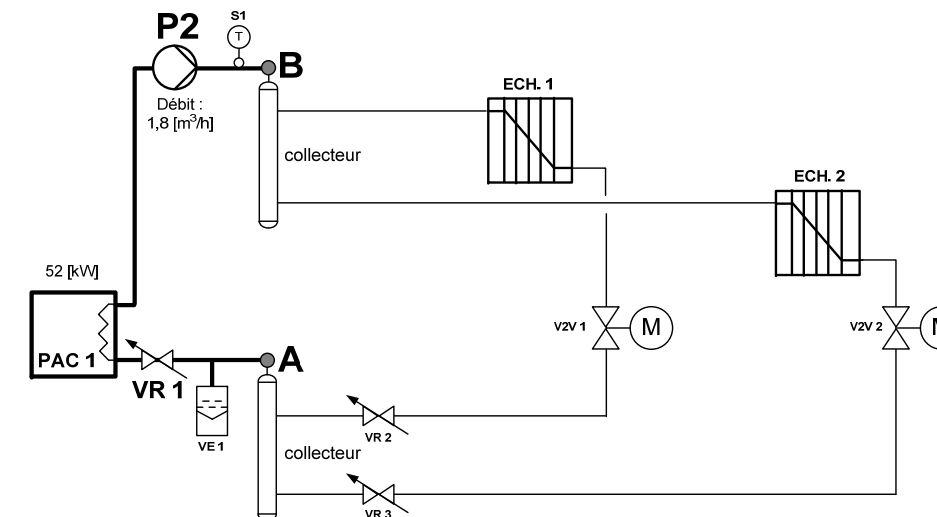
- a) A l'aide de la règle dite des « 3d » et du DN au primaire **déterminer** le diamètre de la bouteille de découplage.
- b) **Définir** son diamètre commercial (DN).
- c) **Compléter** les caractéristiques dimensionnelles de la bouteille sur le **DR7**. En **déduire** la hauteur totale de cette bouteille.
- d) **Expliquer** si cette bouteille peut être installée sur site sachant que la hauteur sous-plafond dans la chaufferie est de 2 [m].

DQ8 – Dossier questions

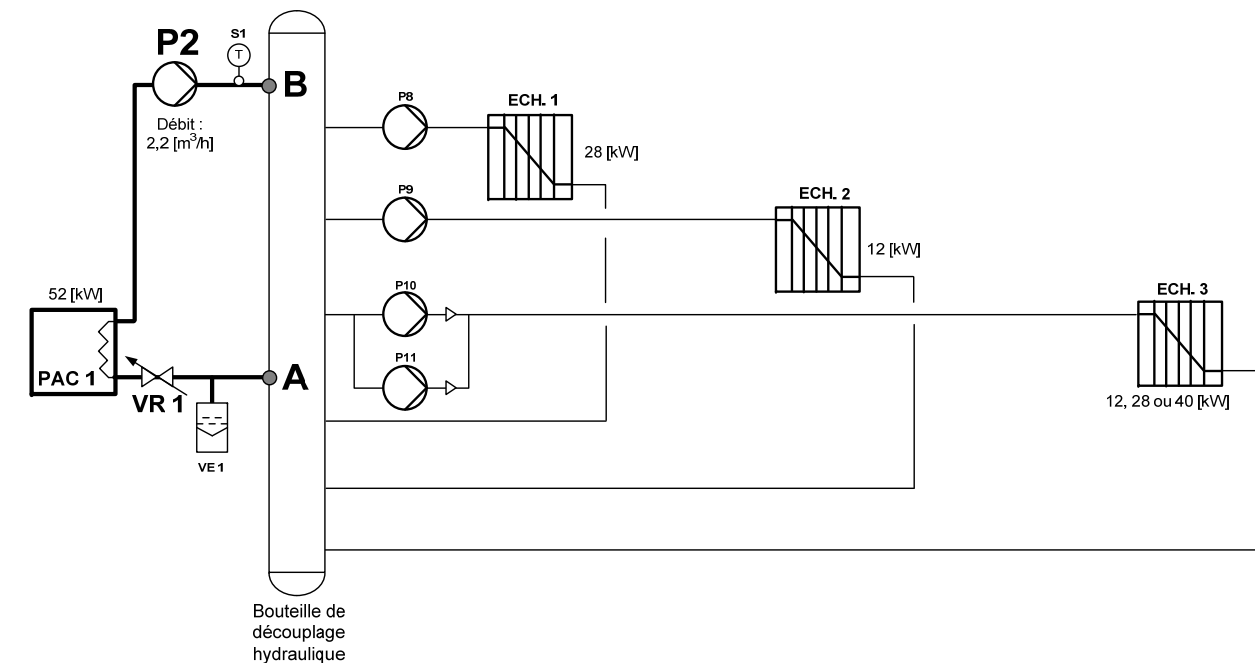
**Vérifications des performances de la pompe de circulation P2 :**

**Contexte :** On souhaite conserver le circuit de A vers B où se situe la pompe de circulation P2. A la place des deux collecteurs, on voudrait implanter une bouteille de découplage hydraulique sur laquelle serait piqué le réseau secondaire avec les échangeurs.

« Avant les travaux »



« Après les travaux »



### DQ9 – Dossier questions

La pompe de circulation **P2** d'ancienne génération est une pompe centrifuge à 3 vitesses.

Pour la partie conservée, les DOE (Documents des Ouvrages Exécutés) indiquent les pertes de charges pour un débit de 1,8 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>] :

- tronçon de B vers A : 0,5 [mCE]
- tronçon de A vers B (hors vanne d'équilibrage **VR 1**) : 1,6 [mCE]

**Avant travaux**, un relevé sur le terrain a donné les valeurs suivantes :

<input type="checkbox"/> ΔP relevé sur le kit manométrique de la pompe de circulation <b>P2</b> :	<b>0,39 bar</b>
<input type="checkbox"/> Position de la vanne d'équilibrage <b>VR 1</b> (type TA STAD DN 25) :	<b>2,3 tours</b>
<input type="checkbox"/> Débit de circulation :	<b>1,8 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>]</b>

<b>Q4-3</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-------------------------------------	---------------------------

**Calculer** par déduction les pertes de charge de la vanne d'équilibrage **VR 1** avant les travaux.

<b>Q4-4</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR8</b>
-------------	-------------------------------------	-------------------------

**Déterminer** sur l'abaque donné en **DR8**, les pertes de charge de la vanne d'équilibrage **VR 1** avant les travaux.

<b>Q4-5</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-------------------------------------	---------------------------

**Après les travaux**, la pompe de circulation **P2** devra avoir un débit plus élevé et égal à 2,2 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>].

On rappelle :

$$\frac{\Delta P_{avant}}{Qv_{avant}^2} = \frac{\Delta P_{après}}{Qv_{après}^2}$$

avec  $Qv$  le débit volumique [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>]  
 $\Delta P$  les pertes de charge [mCE]

**Calculer** les pertes de charge de la partie conservée (tronçon de A vers B hors vanne d'équilibrage **VR 1**) après les travaux avec un débit de 2,2 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>].

<b>Q4-6</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR9</b>
-------------	-------------------------------------	-------------------------

**Déterminer** la hauteur manométrique de la pompe de circulation **P2** en vitesse n°3 pour un débit de 2,2 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>].

### DQ10 – Dossier questions

On considère que les pertes de charge de la partie conservée (tronçon de A vers B hors vanne d'équilibrage **VR 1**) s'élèvent à 2,4 [mCE] avec un débit de 2,2 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>].

<b>Q4-7</b>	Document à consulter : <b>DR9</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-----------------------------------	---------------------------

**Calculer** les pertes de charge que devra avoir la vanne d'équilibrage **VR 1** pour obtenir un débit de circulation de 2,2 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>] dans le circuit primaire de la bouteille de découplage hydraulique.

<b>Q4-8</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR8</b>
-------------	-------------------------------------	-------------------------

**Déterminer** le réglage du nombre de tour de la vanne d'équilibrage **VR 1** pour obtenir un débit de 2,2 [m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>].

Pour conserver la vanne d'équilibrage **VR 1**, il faut vérifier que deux problèmes sont évités :

- ✓ un phénomène de laminage qui apparait en dessous d'un réglage du nombre de tours de 0,5.
- ✓ une lecture imprécise du débit avec un débitmètre électronique qui se produit généralement lorsque la vanne a une perte de charge de moins de 3 [kPa] à 4.0 tours d'ouverture (100% d'ouverture).

<b>Q4-9</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR8</b>
-------------	-------------------------------------	-------------------------

**Déterminer** la perte de charge de la vanne d'équilibrage **VR 1** pour un réglage du nombre de tour à 4.0 tours d'ouverture (100 % d'ouverture).

<b>Q4-10</b>	Document à consulter : <b>DR8</b>	Répondre sur <b>copie</b>
--------------	-----------------------------------	---------------------------

**Conclure** sur la possibilité de conserver la vanne d'équilibrage **VR 1** et la modification de son réglage.

DQ11 – Dossier questions

**Logique câblée des nouvelles pompes de charge P8, P9, P10, P11 et P12 :**

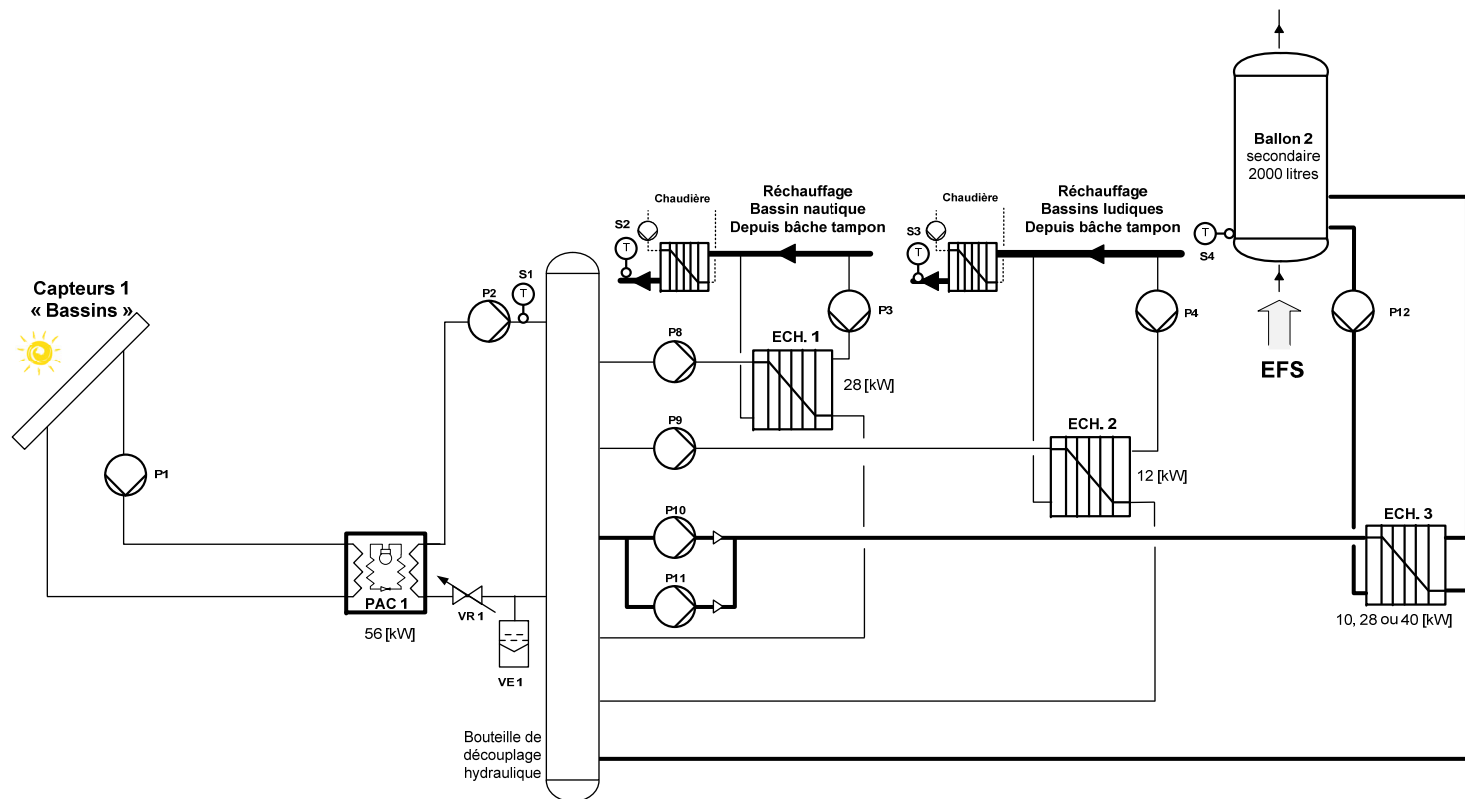
Analyse fonctionnelle de la mise en marche des pompes des bassins :

Bassin nautique	Bassin ludique
<u>Si S2</u> atteint sa consigne	<u>Si S3</u> atteint sa consigne
<u>Alors</u>	<u>Alors</u>
<b>P8 ET P3</b> s'arrêtent	<b>P9 ET P4</b> s'arrêtent

Analyse fonctionnelle de la mise en marche des pompes du ballon de stockage :

<u>Si P8 et P3</u> s'arrêtent <u>et si S1 &gt; S4</u>	<u>Si P9 et P4</u> s'arrêtent <u>et si S1 &gt; S4</u>
<u>Alors</u>	<u>Alors</u>
<b>P10 ET P12</b> se mettent en marche	<b>P11 ET P12</b> se mettent en marche

Deux pompes de charge **P10** et **P11** seront montées en parallèle et seront réglées pour avoir respectivement les mêmes débits que les pompes de charges **P8** et **P9**.



- S1** Sonde de température du circuit primaire
- S2** Sonde de température du circuit bassin nautique
- S3** Sonde de température du circuit bassin ludique
- S4** Sonde de température du ballon 2

- P8** Pompe de circulation de l'échangeur 1
- P9** Pompe de circulation de l'échangeur 2
- P10** Pompe de circulation de l'échangeur 3
- P11** Pompe de circulation de l'échangeur 3
- P12** Pompe de charge du ballon 2

DQ12 – Dossier questions

<b>Q4-11</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR10</b>
--------------	-------------------------------------	--------------------------

**Compléter** le tableau des états des pompes **P8, P9, P10, P11** et **P12** sur le **DR10** en s'appuyant sur les analyses fonctionnelles des mises en marche des pompes (décrites ci-contre) et sur les valeurs mesurées par les sondes (ci-dessous).

Les valeurs mesurées par les sondes		
<b>S1</b>	Sonde de température du circuit primaire	60 [°C]
<b>S2</b>	Sonde de température du circuit bassin nautique	28 [°C] consigne d'arrêt fixée à 26 [°C]
<b>S3</b>	Sonde de température du circuit bassin ludique	29 [°C] consigne d'arrêt fixée à 30 [°C]
<b>S4</b>	Sonde de température du ballon 2	22 [°C]

**Remplacement de la pompe simple de circulation P1 de la boucle solaire :**

**Contexte** : Pour assurer une continuité de service de la boucle solaire, le client demande si la pompe de circulation simple **P1** triphasée existante peut être remplacée par une pompe de nouvelle génération.

Il sera ciblé la pompe **P1** alimentant les 4 modules SOLERPAC SE 513-A 14.

On vous demande :

- Une réflexion sur les différents fluides caloporteurs.
- Une étude sur les performances de cette pompe **P1**.
- Une étude sur les nouvelles performances de la pompe de substitution **P1'**.
- Une étude électrique pour assurer la continuité de service.

**Particularités du fluide caloporteur de la boucle solaire :**

Compte tenu de la situation géographique des capteurs solaires (en extérieur) il est impossible d'utiliser de l'eau pure comme fluide caloporteur. On utilise un fluide glycolé pour éviter la prise en glace en hiver et la détérioration de l'installation. Il est possible d'utiliser du mono-éthylène glycol (MEG) ou du mono-propylène glycol (MPG).

<b>Q4-12</b>	Document à consulter : <b>DT6 et DT7</b>	Répondre sur <b>copie</b>
--------------	--	---------------------------

- a) **Indiquer** au niveau toxicologique, lequel du MEG ou du MPG est le moins dangereux.
- b) **Donner** les valeurs de la masse volumique et de la chaleur spécifique à dosage identique et à une température de 35°C pour le MEG et le MPG.

<b>Q4-13</b>	Document à consulter : <b>DT6 et DT7</b>	Répondre sur <b>copie</b>
--------------	--	---------------------------

**Choisir** en tant que futur technicien de maintenance, le fluide à retenir entre le MEG et le MPG. **Justifier** votre réponse.

On souhaite protéger l'installation jusqu'à des températures extérieures de -20°C. Pour éviter toute catastrophe sur l'installation, vous devez impérativement réaliser tous les ans un contrôle périodique du taux de concentration de ce fluide à l'aide d'un réfractomètre.

<b>Q4-14</b>	Document à consulter : <b>DR11</b>	Répondre sur <b>DR11</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------

Sachant que le fluide utilisé est du MPG, en fonction de la valeur indiquée sur votre réfractomètre :

- a) **Relever** le dosage actuel de l'installation.
- b) **Relever** la température du point de fusion.
- c) **Comparer** avec la température de protection souhaitée et **conclure** sur le dosage présent dans l'installation.

**Étude de fonctionnement de la pompe simple de circulation P1 sur la boucle solaire :**

Le fluide choisi est du MPG dosé à 40%.

La température moyenne d'utilisation est à : 35 [°C].

Chacun des **4 évaporateurs** absorbent une puissance de 9,625 [kW] et l'écart de température mesurée sur la boucle de glycol est de 10 [°K].

On prendra une chaleur spécifique du fluide  $C_p = 3775 \text{ [J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°K}^{-1}]$

<b>Q4-15</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>copie</b>
--------------	-------------------------------------	---------------------------

- a) **Calculer** le débit massique de la pompe en  $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$ .
- b) **Calculer** le débit volumique de la pompe en  $[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$ .

<b>Q4-16</b>	Document à consulter : <b>DR12</b>	Répondre sur <b>DR12</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------

Vous avez réalisé une campagne de mesure et vous avez noté :

Référence de la pompe :

- GRUNDFOS type UPC 40-60 Triphasé
- Vitesse : 3
- Pression à l'aspiration : 1 bar
- Pression au refoulement : 1,6 bar

- a) **Calculer** la hauteur manométrique de la pompe.
- b) **Placer** le point de fonctionnement sur la courbe donnée.
- c) **Déterminer** le débit.
- d) **Relever** la puissance électrique absorbée.

**Nouvelles performances de la pompe simple de circulation de substitution P1' :**

Compte tenu de l'augmentation du coût de l'électricité et de l'évolution technologique des pompes, votre client vous demande de réaliser une étude comparative de la consommation électrique des pompes en lien avec les pompes à chaleur installées sur votre site.

<b>Q4-17</b>	Document à consulter : <b>DR12</b>	Répondre sur <b>DR13</b>
--------------	------------------------------------	--------------------------

La nouvelle pompe choisie, pour un point de fonctionnement identique sera le modèle : MAGNA3 32-80 modèle D.

- a) Sur la nouvelle référence de pompe proposée en **DR13**, **placer** le point de fonctionnement.
- b) **Définir** la puissance absorbée.

## DQ15 – Dossier questions

On vous donne les informations suivantes :

- Les pompes à chaleur fonctionnent en moyenne 12h00 par jour.
- La piscine est ouverte tous les jours de l'année (7 jours sur 7) sur 365 jours/an.
- Deux arrêts techniques sont réalisés par an soit au total 21 jours de fermeture.

<b>Q4-18</b>	Document à consulter : <b>DR12</b> et <b>DR13</b>	Répondre sur <b>copie</b>
--------------	---	---------------------------

- a) **Calculer** le nombre d'heures de fonctionnement de la pompe de circulation.
- b) **Déterminer** la différence de puissance entre les deux pompes **P1** et **P1'**.
- c) Sachant qu'un [kWh] électrique vaut 0,15 [€], **calculer** les économies réalisées par cette nouvelle pompe.

### Étude électrique de la nouvelle pompe double de circulation (P1a' et P1b') :

Pour répondre aux exigences du client et suite à l'étude réalisée ci-dessus, le remplacement de la pompe UPC 40-60 triphasée par une double pompe monophasée MAGNA 32/80 D Grundfos est validé. Un schéma de raccordement de remplacement est proposé en **DT8** et **DR14**.

<b>Q4-19</b>	Document à consulter : <b>DT8</b>	Répondre sur <b>copie</b>
--------------	-----------------------------------	---------------------------

**Donner** la raison du « bouclage » de la phase de chacune des pompes (de la borne (4/T2) de **KM P1'a** à la borne (5/L3) de **Q P1'a**).

<b>Q4-20</b>	Document à consulter : <b>DT8</b> et <b>DR14</b>	Répondre sur <b>copie</b>
--------------	--	---------------------------

Le **contact de régulation** (13/14) est en demande donc se ferme. Les deux disjoncteurs **QP1'a** et **QP1'b** sont enclenchés.

### Étude du fonctionnement en mode normal :

Vous enclenchez le commutateur rotatif **SP1'a** de la pompe **P1'a**. Les contacts (21/22) des sécurités **SSM 1'b** et **SSM1'a** sont ouverts.

- a) **Indiquer** l'état (alimentée ou non alimentée) de la bobine **KM P1'a**.
- b) **Indiquer** la tension entre la borne **A1** de la bobine **KM P1'a** et le neutre de cette bobine.
- c) **Donner** l'état (marche ou arrêt) des pompes **Pompe 1P'a** et **Pompe 1P'b**.

## DQ16 – Dossier questions

### Étude du fonctionnement en mode défaut disjoncteur Q P1'a :

Le disjoncteur **Q P1'a** vient de se déclencher et le contact 31/32 est redevenu passant électriquement. Les contacts (21/22) des sécurités **SSM 1'b** et **SSM1'a** sont ouverts.

- d) **Indiquer** l'état (alimentée ou non alimentée) de la bobine **KM P1'a**.
- e) **Indiquer** l'état (alimentée ou non alimentée) de la bobine **KM P1'b**.
- f) **Donner** l'état (marche ou arrêt) des pompes **Pompe 1P'a** et **Pompe 1P'b**.
- g) **Indiquer** comment organiser les interventions de maintenance pour garder une usure similaire des deux pompes.

<b>Q4-21</b>	Document à consulter : <b>DT8</b> et <b>DR14</b>	Répondre sur <b>DR14</b>
--------------	--	--------------------------

### Étude du fonctionnement en mode défaut SSM P1'a :

Étude du fonctionnement en mode défaut par le contact SSM de la pompe **P1'a**. Le contact SSM de la **Pompe P1'a** s'ouvre lors d'une surchauffe de la pompe. A cette occasion, la bobine **SSM 1'a** n'est donc plus alimentée. Le disjoncteur **Q P1'a** est enclenché.

- a) **Surligner** sur le schéma donné en **DR14** le passage du courant entre la phase et le neutre dans cet état.
- b) **Donner** l'état (marche ou arrêt) des pompes **Pompe 1P'a** et **Pompe 1P'b**.
- c) **Conclure** sur la pertinence de ce câblage quant à la protection de la pompe **1P'a** lors d'une surchauffe détectée par le contact **SSM P1'a**.

DQ17 – Dossier questions

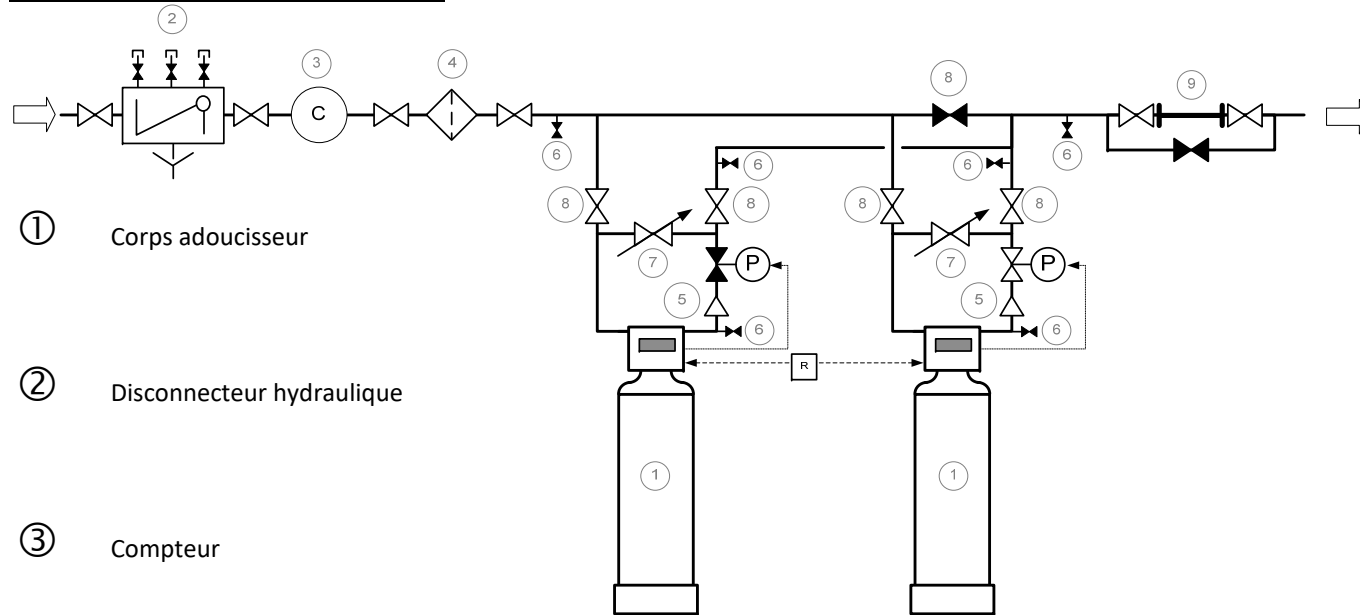
<b>5</b>	<b>TRAITEMENT DE L'EAU</b>	
	Durée conseillée : 45 min	

**Contexte :** L'eau froide brute du réseau de ville a un TH = 45 [°f] est adoucie à un TH = 10 [°f] pour les besoins en eau froide des utilisateurs de la piscine (sanitaires et bassins). Deux adoucisseurs (système à permutation sodique) montés en relève l'un de l'autre (système « DUPLEX ») marque **PERMO modèle 8750 en réglage « maximum »** sont installés. Ils sont tous les deux réglés en régénération volumétrique.

Le propriétaire du complexe nautique souhaite savoir si le réglage « standard » des adoucisseurs pourrait permettre de réaliser des économies.

Cette analyse permettra aussi de vérifier que l'exploitation du site ne subit pas de dérive en termes de consommation de sel et d'eau.

**Synoptique de l'installation :**



<b>Q5-1</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-------------------------------------	---------------------------

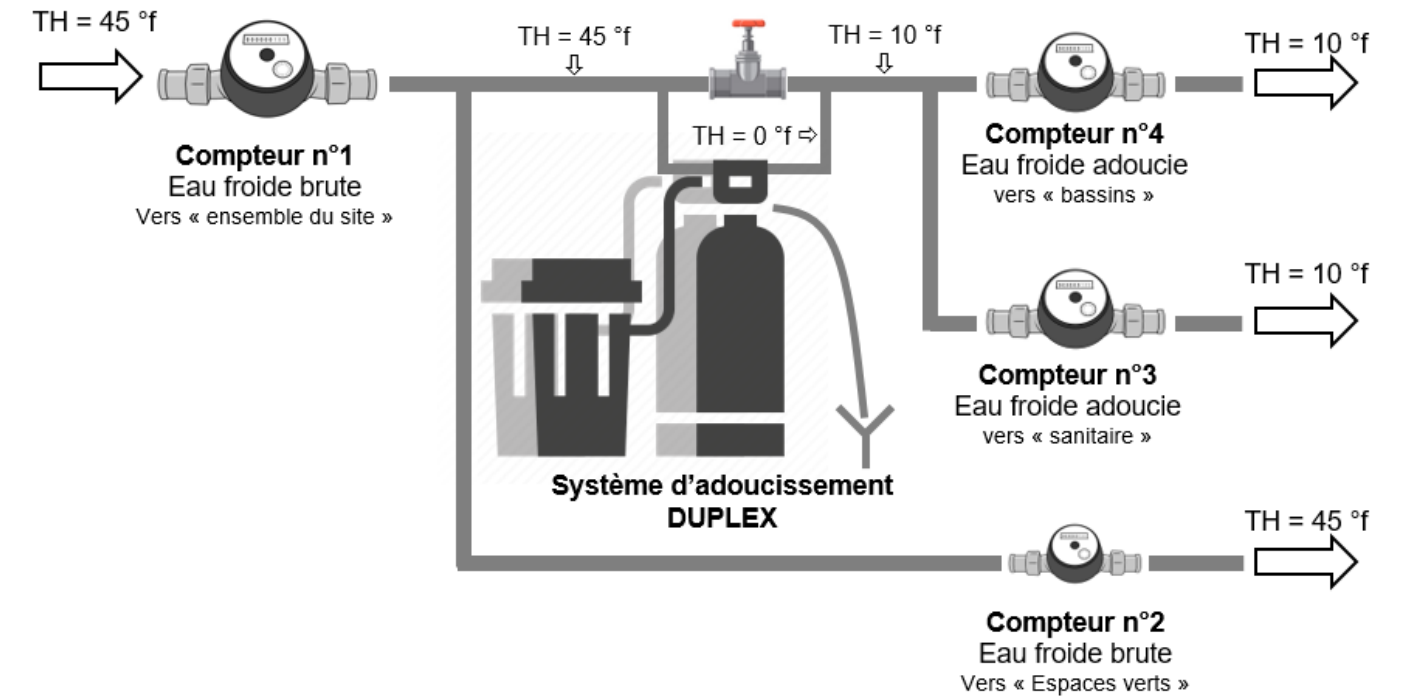
**Expliquer** quels sont les avantages du système duplex.

<b>Q5-2</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>DR15</b>
-------------	-------------------------------------	--------------------------

**Indiquer**, dans le cadre de l'exploitation, le nom et la fonction des éléments repérés ⑥, ⑦, ⑧ et ⑨.

DQ18 – Dossier questions

**Synoptique de la distribution de l'eau froide sanitaire :**



➤ **Eau froide brute (période de mai 2022 à mai 2023) :**

Consommation **Compteur n°1** pour l'ensemble du site

Date : 05/2022

m<sup>3</sup> **0 0 7 5 7,** 5 3 1 Litres

Date : 05/2023

m<sup>3</sup> **3 4 5 8 5,** 1 7 8 Litres

➤ **Eau froide brute (période de mai 2022 à mai 2023) :**

Consommation **compteur n°2** pour les besoins des espaces verts : 180 [m<sup>3</sup>]

➤ **Eau froide adoucie (période de mai 2022 à mai 2023) :**

Consommation **compteur n°3** pour les besoins sanitaires : 21814 [m<sup>3</sup>]

Consommation **compteur n°4** pour les besoins des bassins : 10459 [m<sup>3</sup>]

**Données connues :**

- ✓ La réglementation impose 30 [litres/baigneurs] d'eau « neuve ».
- ✓ 231000 nageurs sont venus pratiquer diverses activités dans le complexe nautique.

**DQ19 – Dossier questions**

<b>Q5-3</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-------------------------------------	---------------------------

Vérifier par le calcul que le renouvellement d'eau bassin est respecté.

<b>Q5-4</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-------------------------------------	---------------------------

Calculer, à l'aide des index compteurs, la consommation annuelle d'eau brute du site.

<b>Q5-5</b>	Document à consulter : <b>Aucun</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-------------------------------------	---------------------------

- Calculer la différence entre l'arrivée d'eau brute au compteur n°1 et la somme des compteurs n°2, n°3 et n°4.
- Expliquer la raison pour laquelle il y a une différence entre l'arrivée d'eau brute au compteur n°1 et la somme des compteurs n°2, n°3 et n°4.

<b>Q5-6</b>	Document à consulter : <b>DT9</b>	Répondre sur <b>copie</b>
-------------	-----------------------------------	---------------------------

- Relever pour l'adoucisseur sur le site la quantité d'eau nécessaire à la régénération.
- En déduire par le calcul le nombre de régénération annuel.

Ne connaissant pas la consommation réelle d'eau pour le site, le technicien a préféré choisir le mode de réglage « maximum » lors de la mise en service. On s'interroge sur la possibilité de basculer du réglage « maximum » au réglage « standard ».

<b>Q5-7</b>	Document à consulter : <b>DT9</b>	Répondre sur <b>DR16</b>
-------------	-----------------------------------	--------------------------

Remplir les lignes L1 et L2 du tableau en indiquant les informations utiles du réglage « standard ».

<b>Q5-8</b>	Document à consulter : <b>DR16</b>	Répondre sur <b>copie et DR16</b>
-------------	------------------------------------	-----------------------------------

- Relever la quantité de sel remise par le technicien lors de chaque rechargement du bac.
- En déduire le nombre de régénération entre deux passages du technicien et compléter la ligne L3.

<b>Q5-9</b>	Document à consulter : <b>DT9</b>	Répondre sur <b>copie et DR16</b>
-------------	-----------------------------------	-----------------------------------

Calculer le volume d'eau traitable par un adoucisseur en réglage « standard » entre deux régénérations pour passer de 45 [°f] à 10 [°f]. Remplir avec les valeurs trouvées la ligne L5 du tableau DR16.

<b>Q5-10</b>	Document à consulter : <b>DR16</b>	Répondre sur <b>copie et DR16</b>
--------------	------------------------------------	-----------------------------------

Calculer le nombre annuel de régénérations en réglage « standard » puis compléter la ligne L6 du DR.

Pour la suite, on considère qu'il y a 300 régénérations chaque année.

**DQ20 – Dossier questions**

<b>Q5-11</b>	Document à consulter : <b>DR16</b>	Répondre sur <b>copie et DR16</b>
--------------	------------------------------------	-----------------------------------

- Calculer, en réglage « standard », la consommation de sel consommé sur une année. Remplir les lignes L7 à L8.
- Calculer, en réglage « standard », la consommation d'eau pour les régénérations sur une année. Remplir la ligne L9.

<b>Q5-12</b>	Document à consulter : <b>DR16</b>	Répondre sur <b>copie et DR16</b>
--------------	------------------------------------	-----------------------------------

Calculer, en réglage « standard », le nombre annuel de déplacement pour remplir les bacs à sel. Remplir la ligne L10.

<b>Q5-13</b>	Document à consulter : <b>DR16 et DT9</b>	Répondre sur <b>copie et DR16</b>
--------------	---	-----------------------------------

- Calculer, en réglage « standard », le coût d'exploitation annuel du poste d'adoucissement. Remplir les lignes L11 à L14.
- Déterminer le gain ou la perte financière en passant du réglage « maximum » au réglage « standard » et conclure sur la pertinence de ce changement.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2023

### U 4 : Analyse technique en vue de l'intégration d'un bien

Durée : 4 heures – Coefficient : 6

## DOCUMENTS RÉPONSES

Ce dossier contient les documents DR1 à DR16

de la page 17 à la page 25.

CODE ÉPREUVE : 23-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES	
SESSION : 2023	SUJET	ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTÉGRATION D'UN BIEN			
Durée : 4h	Coefficient : 6		SUJET N° 02MS23	Page 16/33	



**Q1-1 :**

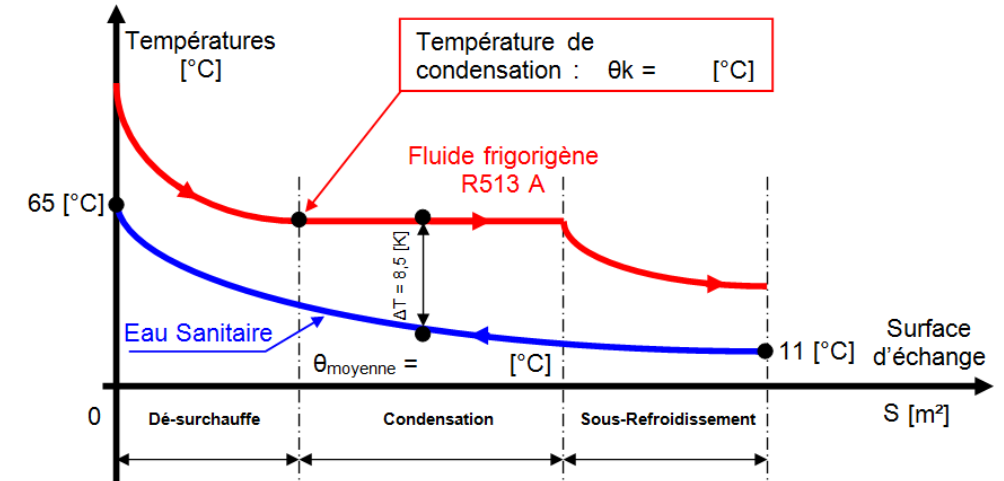
		Type d'énergie principale entrante		
		Solaire	Electrique	Gaz naturel
Repères	A		X	
	B			
	C			

**Q1-2 :**

		Repères			
		D	E	F	G
Type de fluide	Eau glycolée				
	Eau chaude basse température ( $\leq 110$ [°C])				
	Eau destinée à la consommation humaine				
	Fluide frigorigène				
	Eau surchauffée ( $> 110$ [°C])				
	Vapeur d'eau				

**Q2-1 :**

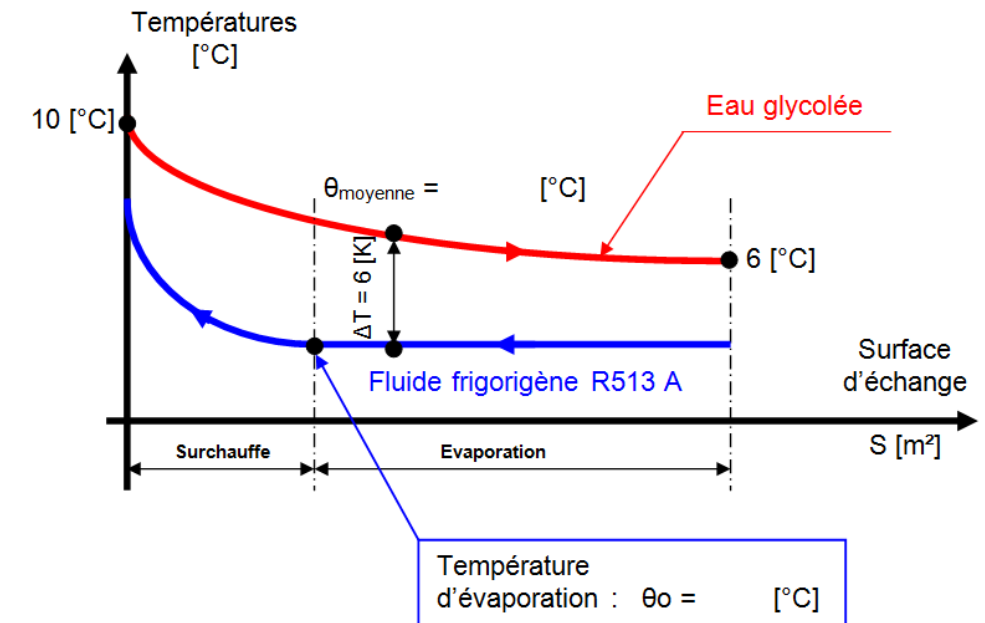
**CONDENSEUR**



**Calcul :**

**Q2-2 :**

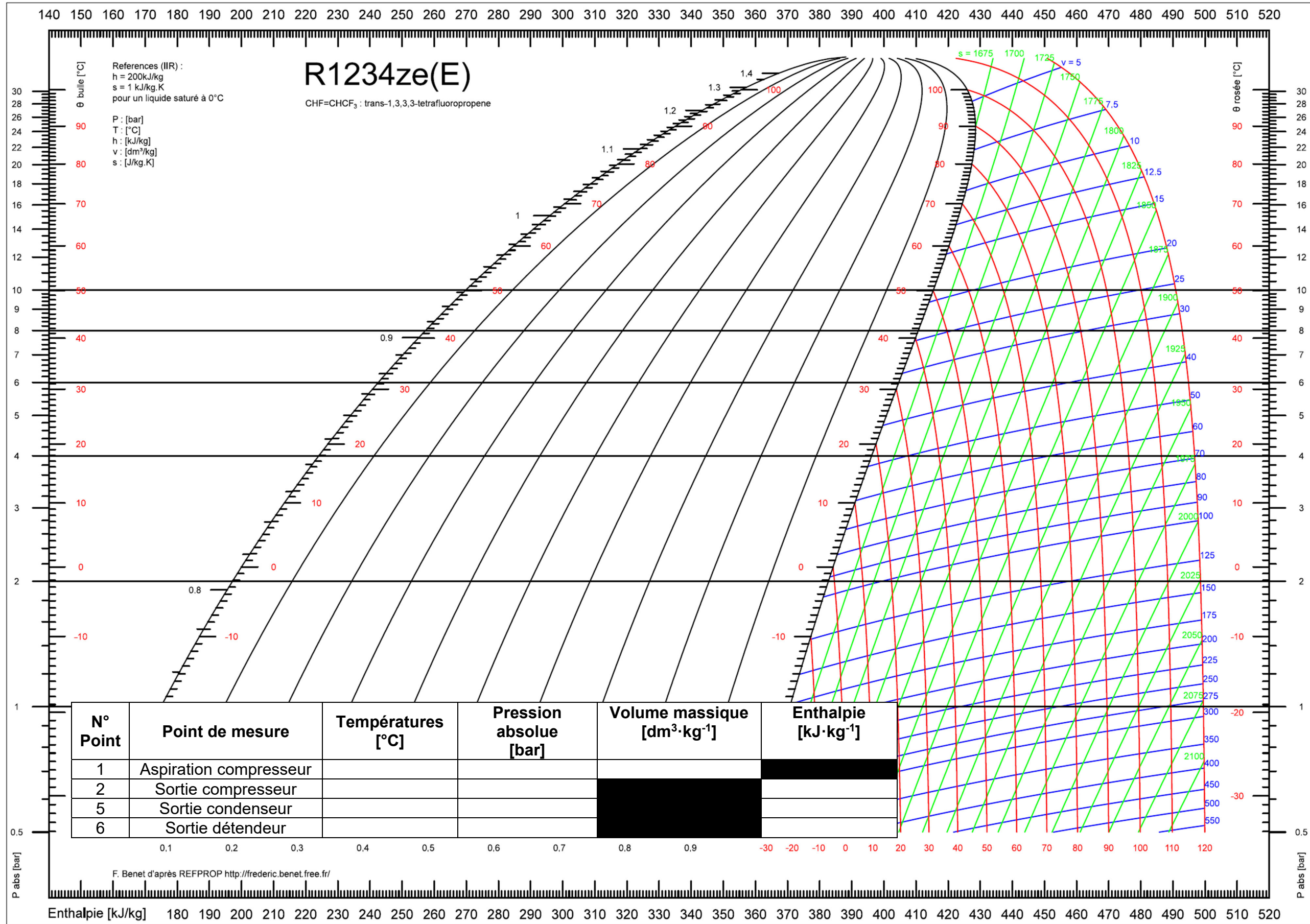
**ÉVAPORATEUR**



**Calcul :**



**Q2-4 :**





**Q2-7 :**

<b>CARACTÉRISTIQUES</b>	<b>R513 A</b>	<b>R1234 ze</b>
Puissance au condenseur en [kW]	26	
Pression absolue HP en [bar]		
Pression absolue BP en [bar]		
Température de condensation en [°C]		
Température d'évaporation en [°C]		

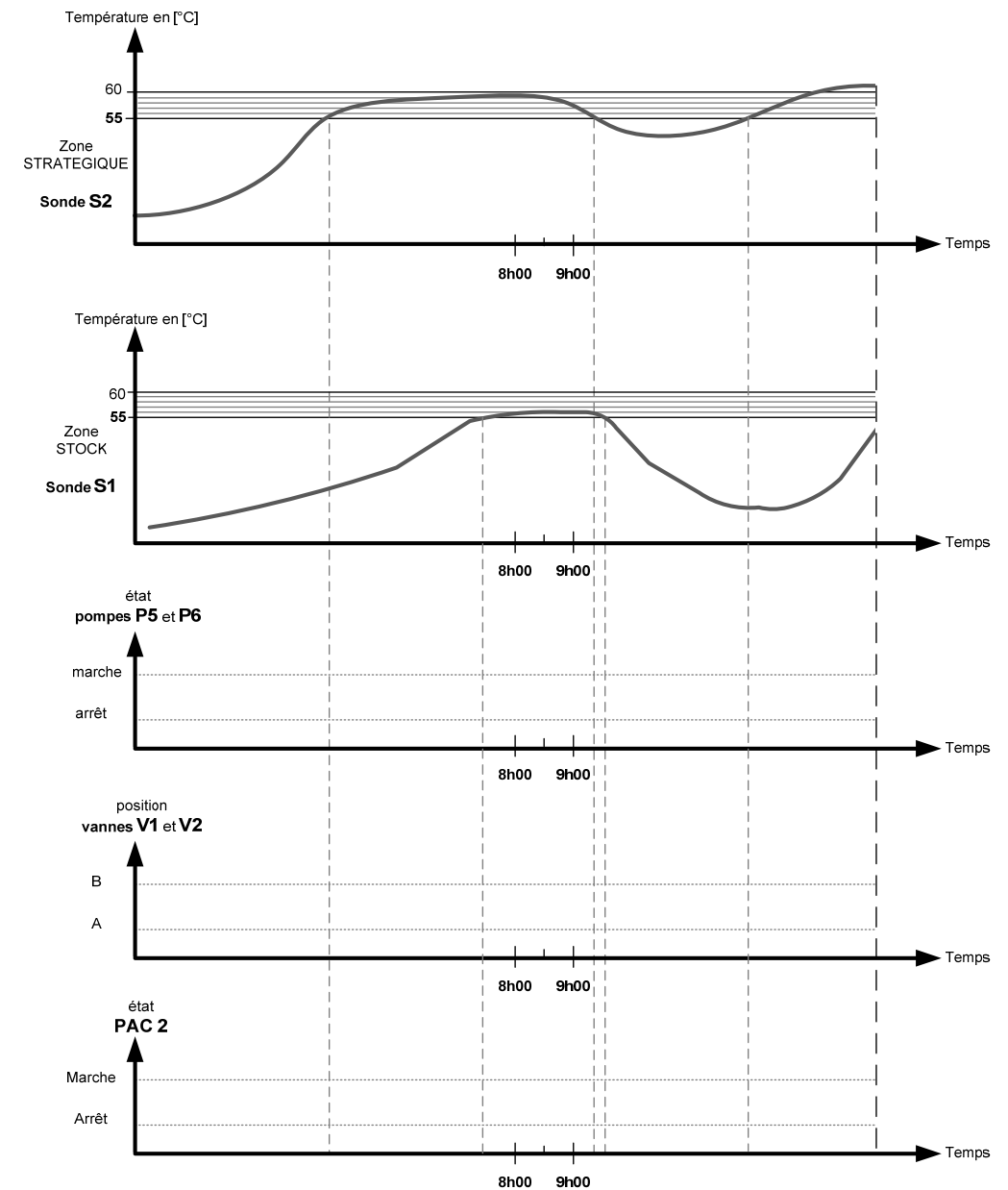
**Paramètre :**

**Explications :**

**Q3-1 :**

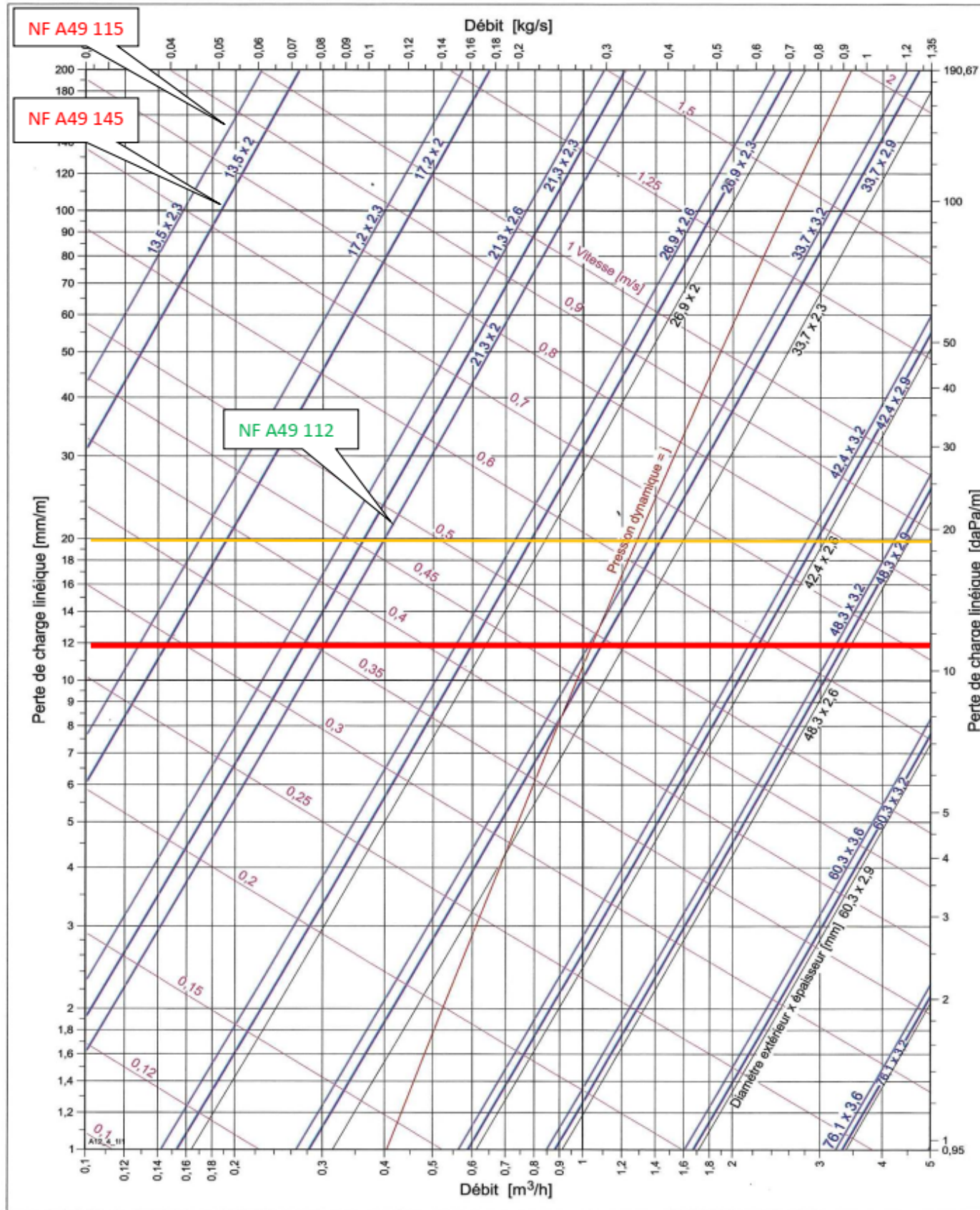
	<b>États ou positions</b>	
PAC 2	<input type="checkbox"/> en marche	<input type="checkbox"/> à l'arrêt
P5 et P6	<input type="checkbox"/> en marche	<input type="checkbox"/> à l'arrêt
V1 et V2	<input type="checkbox"/> position A	<input type="checkbox"/> position B

**Q3-3 :**



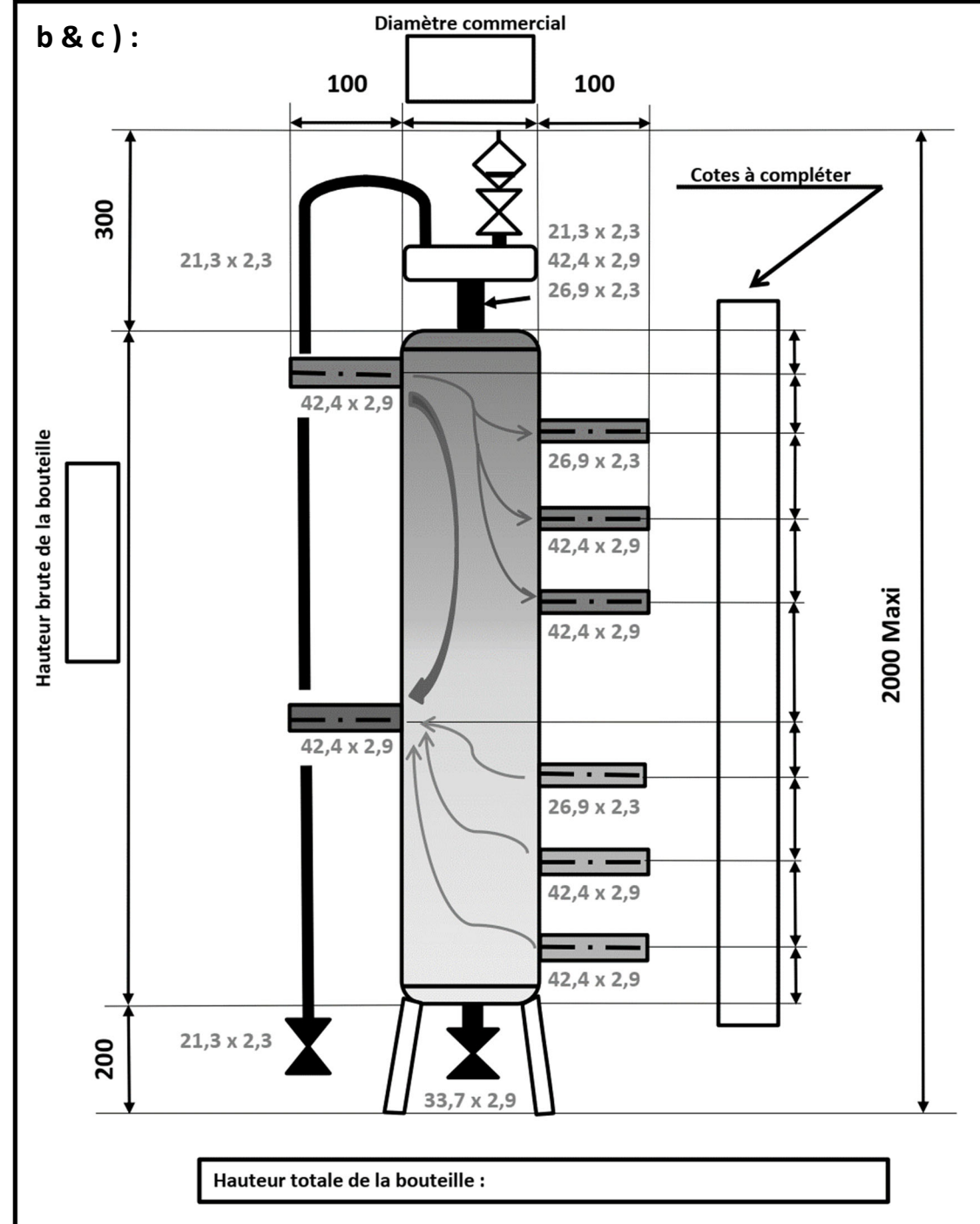


**Q4-1 :**



**Q4-2 :**

**a) Diamètre de la bouteille :**

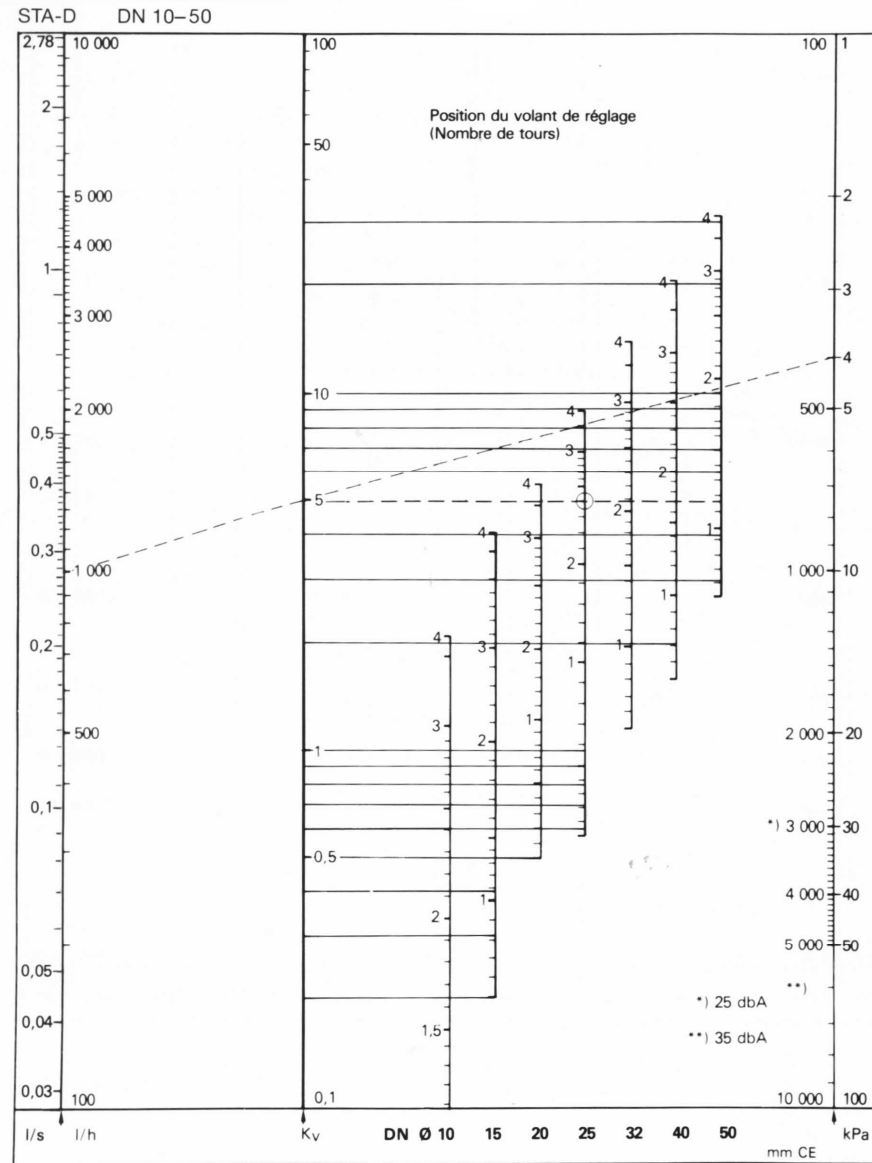


**d) Explications :**



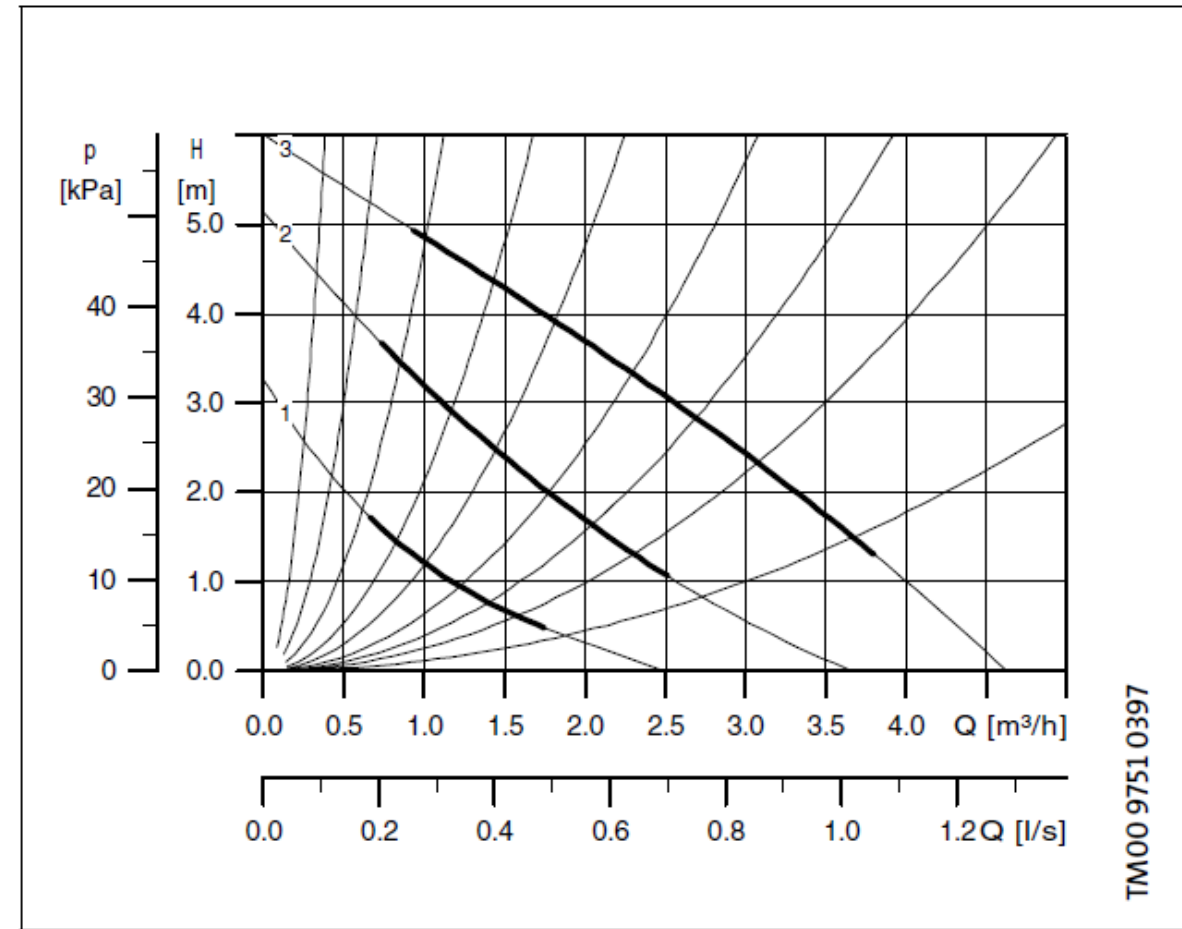


**Q4-4 ; Q4-8 ; Q4-9 :**



**Q4-6 :**

**UPS 25-60/UPS 25-60 K**



**HMT de la pompe P2 :**

**Q4-4 : Pertes de charge VR 1 avant les travaux :**

**Q4-8 : Réglage de la vanne VR 1 :**

**Q4-9: Perte de charge de la vanne VR 1 réglée à 4.0 :**



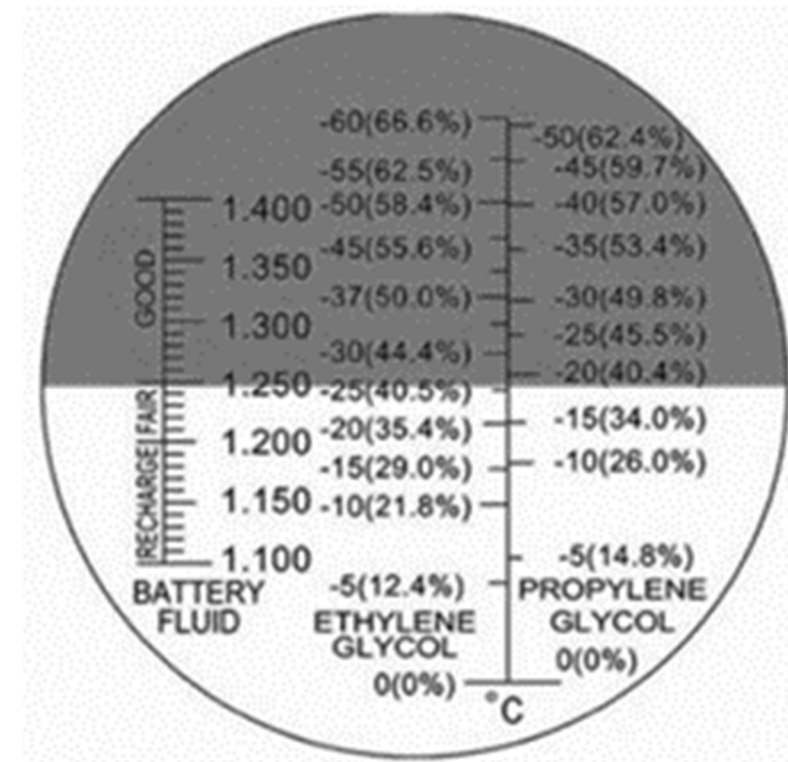
**Q4-11 :**

		États	
		Marche	Arrêt
P8	Pompe de circulation de l'échangeur 1		
P9	Pompe de circulation de l'échangeur 2		
P10	Pompe de circulation de l'échangeur 3		
P11	Pompe de circulation de l'échangeur 3		
P12	Pompe de charge du ballon 2		

**Q4-14 :**

	Valeur mesurée sur MPG
Pourcentage de glycol	
Température du point de fusion	

**Comparaison et conclusion :**

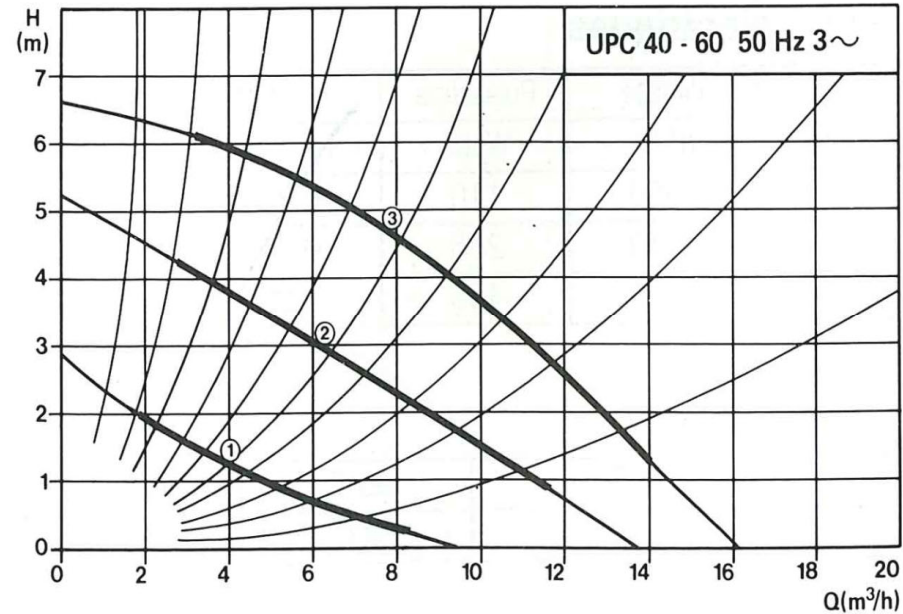




**Q4-16 :**

a) HMT de la pompe :

b) Courbe de performance hydraulique :



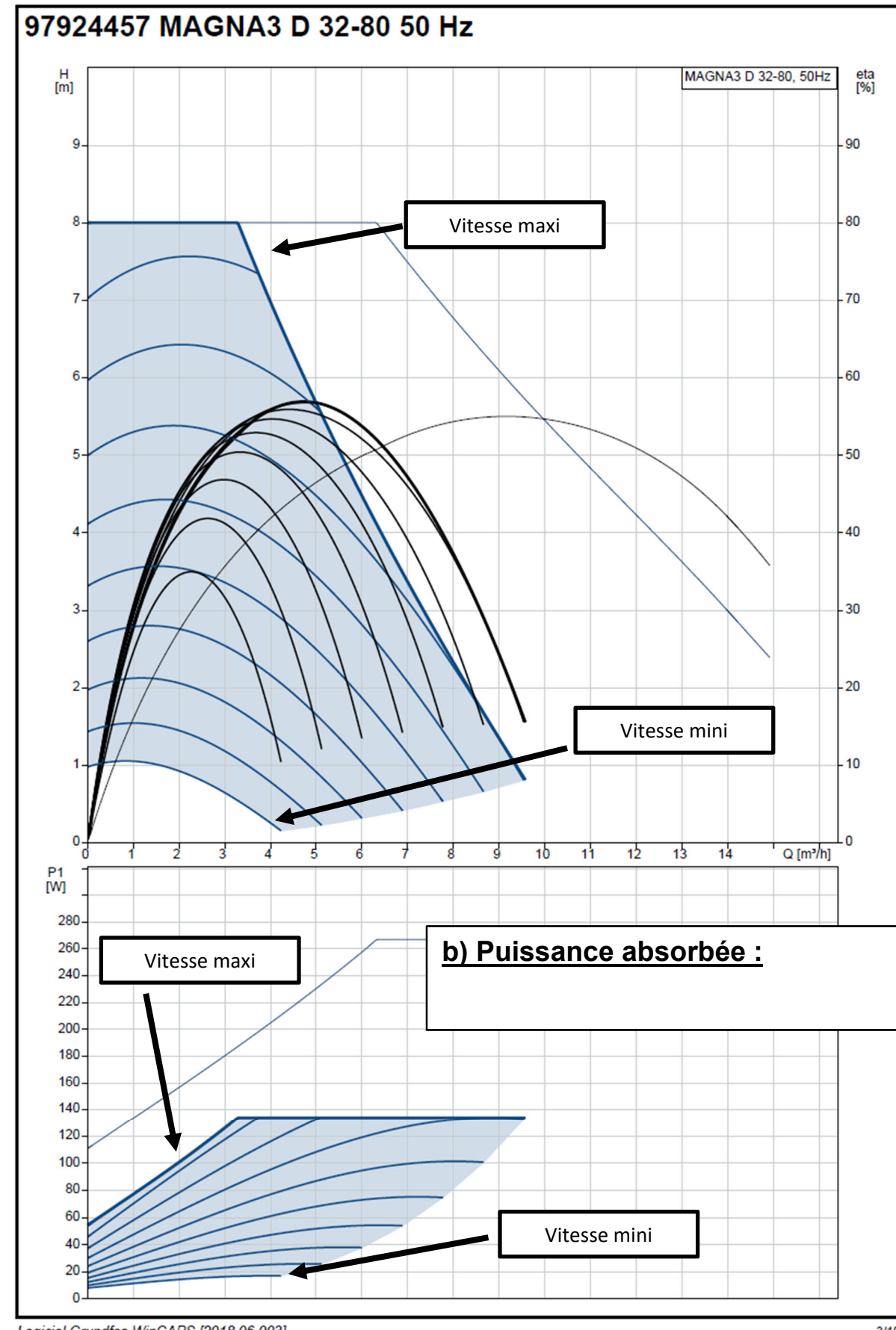
c) Débit de la pompe :

Données électriques de la pompe :

UPC 40-60	Vitesse	Puissance	Intensité I <sub>N</sub> [A]	
			3 x 230 [V]	3 x 400 [V]
Position	tr/min	[Watt]		
I	1440	95	0,29	0,17
II	2240	185	0,59	0,34
III	2790	290	1,21	0,7

d) Puissance électrique absorbée :

**Q4-17 :**

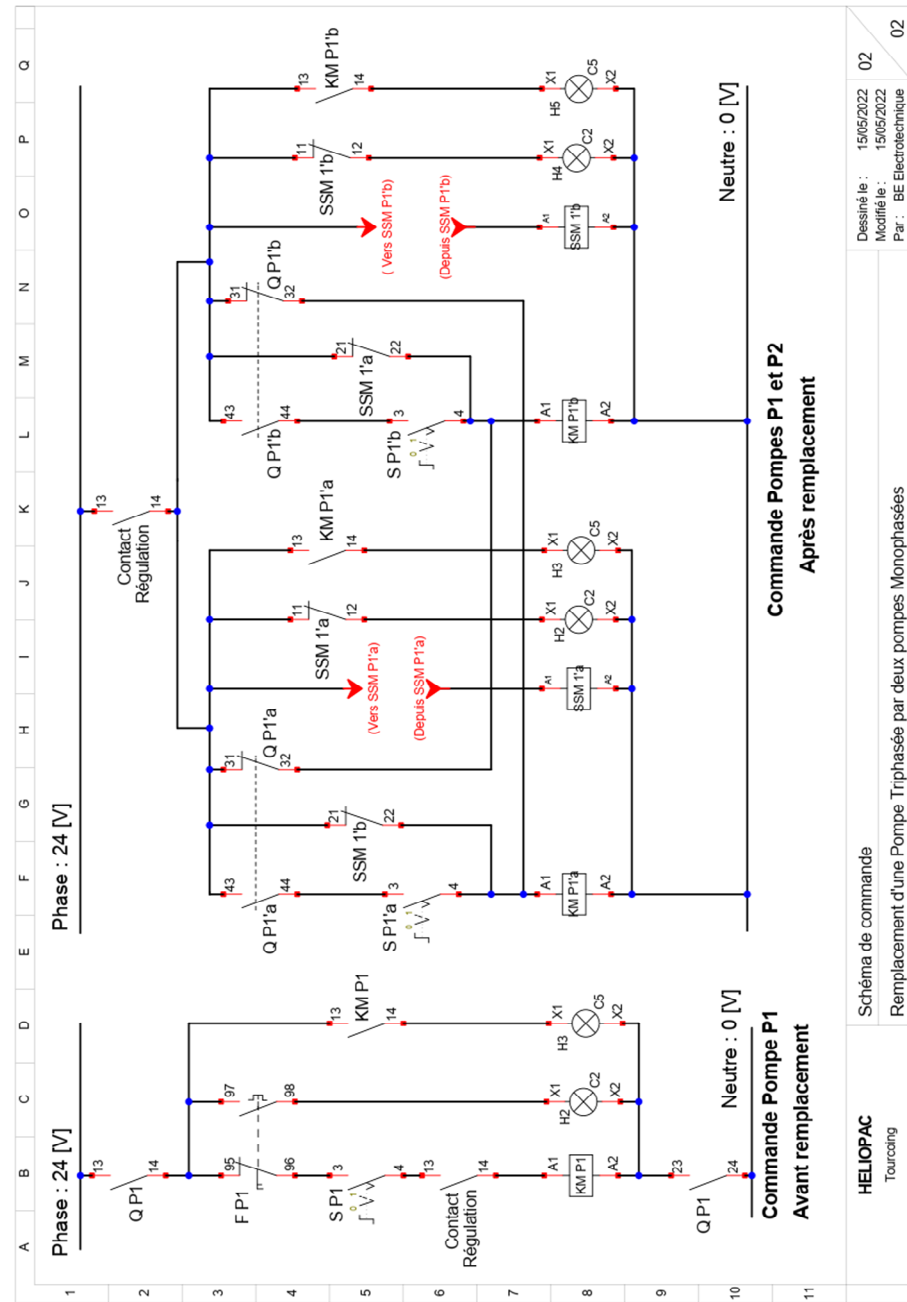


Logiciel Grundfos WinCAPS [2018.06.003]



**Q4-21 :**

a)



<b>b)</b>	<b>Pompe 1P'a</b>	<b>Pompe 1P'b</b>
<b>État :</b>		

**c) Conclusion :**

**Q5-2 :**

Repère	Nom	Fonction
⑥		
⑦		
⑧		
⑨		





DR16 – Document réponses

**Q5-7 ; Q5-8 ; Q5-9 ; Q5-10 ; Q5-11 ; Q5-12 ; Q5-13 :**

			AVANT	APRES	
		TH <sub>résiduel</sub>	10 [°f]	10 [°f]	
		Modèle	8750	8750	
		Réglage	Maximum	Standard	N° Ligne
Caractéristiques du matériel	Capacité d'échange	[°f.m <sup>3</sup> ]	4500		L1
	Consommation de sel par régénération	[kg / régénération]	135		L2
	Autonomie d'un bac à sel	Nb régénérations	5		L3
	Masse de sel introduite à chaque remplissage	[kg]	750		-
	Consommation d'eau par régénération	[m <sup>3</sup> / régénération]	5,5		-
Caractéristiques du site	Quantité d'eau à traiter par an	[m <sup>3</sup> / an]	32273		-
Performance du matériel	Volume d'eau traitable entre deux régénérations	[m <sup>3</sup> ]	128		L5
Exploitation (consommables)	Nombre annuel de régénérations	[u]	253		L6
	Consommation annuelle de sel pour les régénérations	[kg]	34155		L7
	Nombre de sac de 25 [kg]	[u]	1367		L8
	Consommation annuelle d'eau pour les régénérations	[m <sup>3</sup> ]	1391,5		L9
Exploitation (déplacements)	Nombre annuel de déplacements pour remplir les 2 bacs à sel	[u]	26		L10
Coût d'exploitation annuel	Coût du Sel	[€ HT / an]	16 404,00 €		L11
	Coût de l'eau	[€ HT / an]	5 566,00 €		L12
	Coût des déplacements	[€ HT / an]	1 820,00 €		L13
	<b>COUT GLOBAL</b>	[€ HT / an]	23 790,00 €		L14



# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2023

### U 4 : Analyse technique en vue de l'intégration d'un bien

Durée : 4 heures – Coefficient : 6

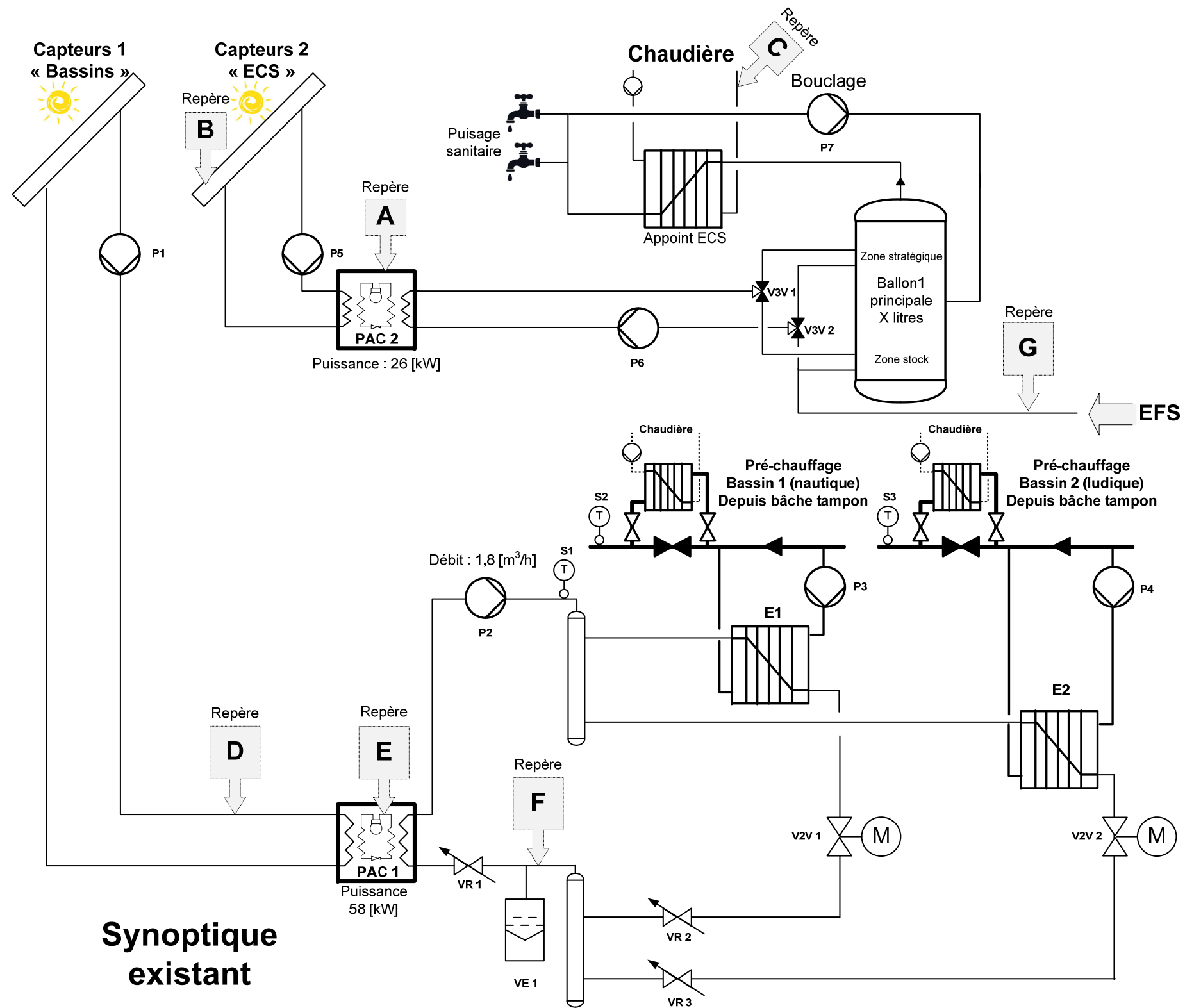
## DOCUMENTS TECHNIQUES

Ce dossier contient les documents DT1 à DT9.

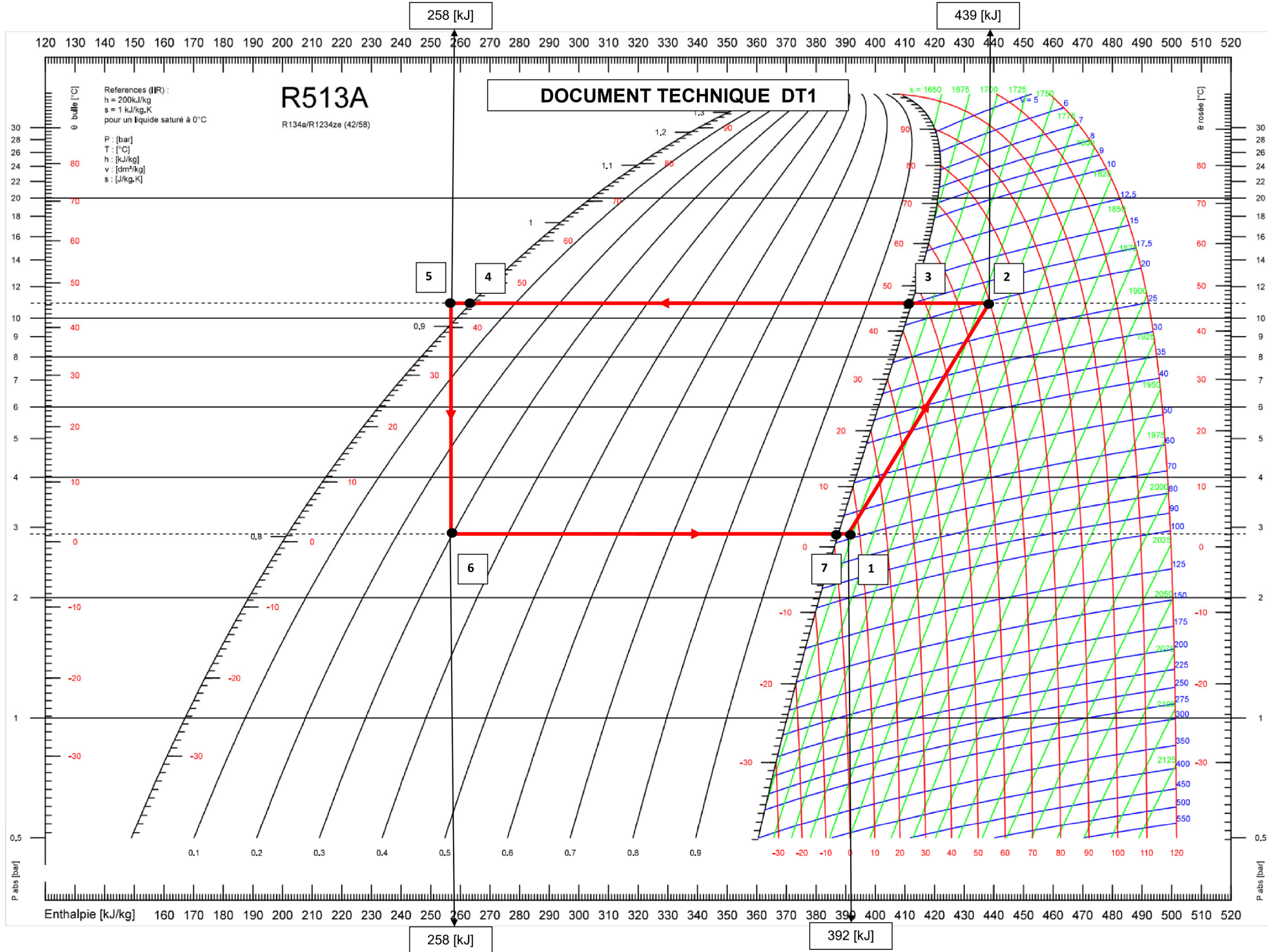
de la page 27 à la page 33.

CODE ÉPREUVE : 23-MSU4B		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES	
SESSION : 2023	SUJET	ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTEGRATION D'UN BIEN			
Durée : 4h	Coefficient : 6		SUJET N° 02MS23	Page 26/33	

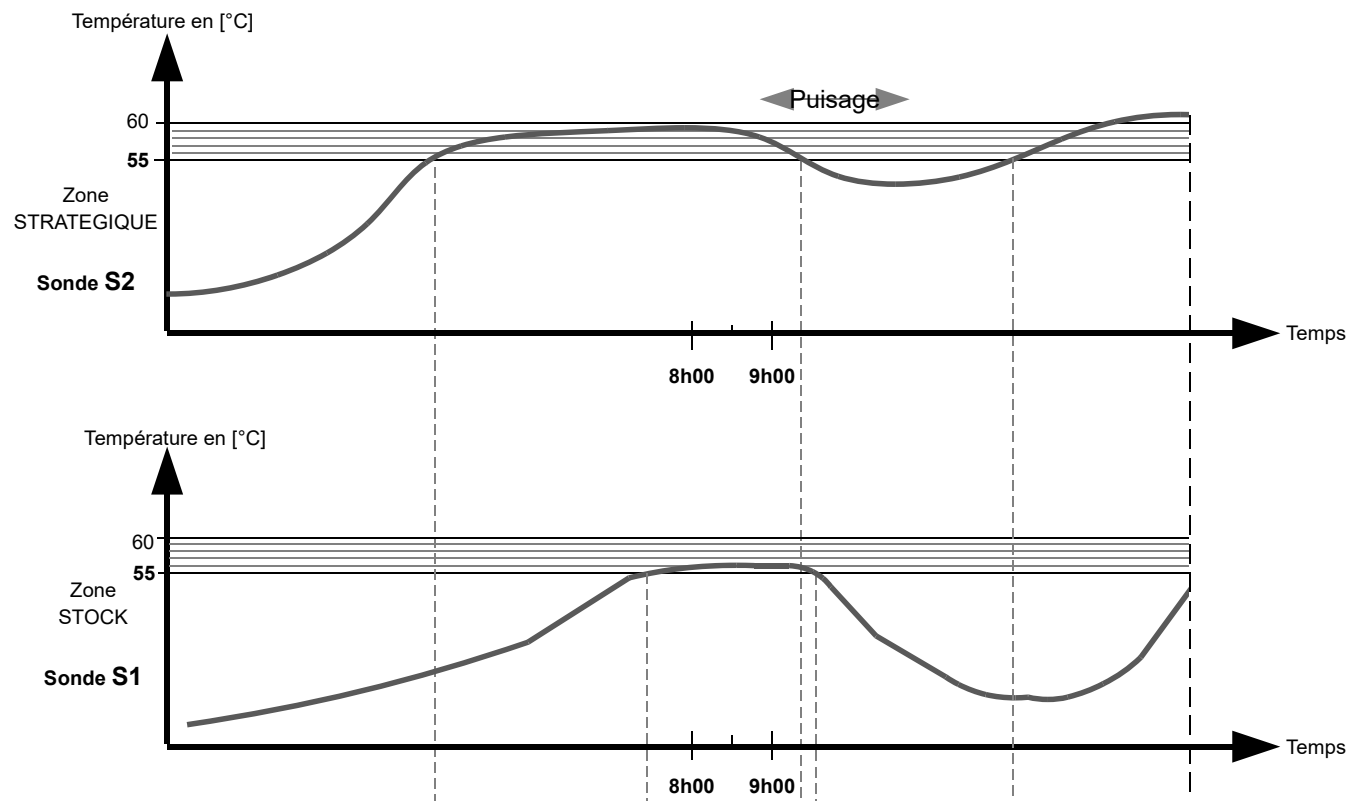
# DT1 : SYNOPTIQUE GLOBAL DE L'INSTALLATION



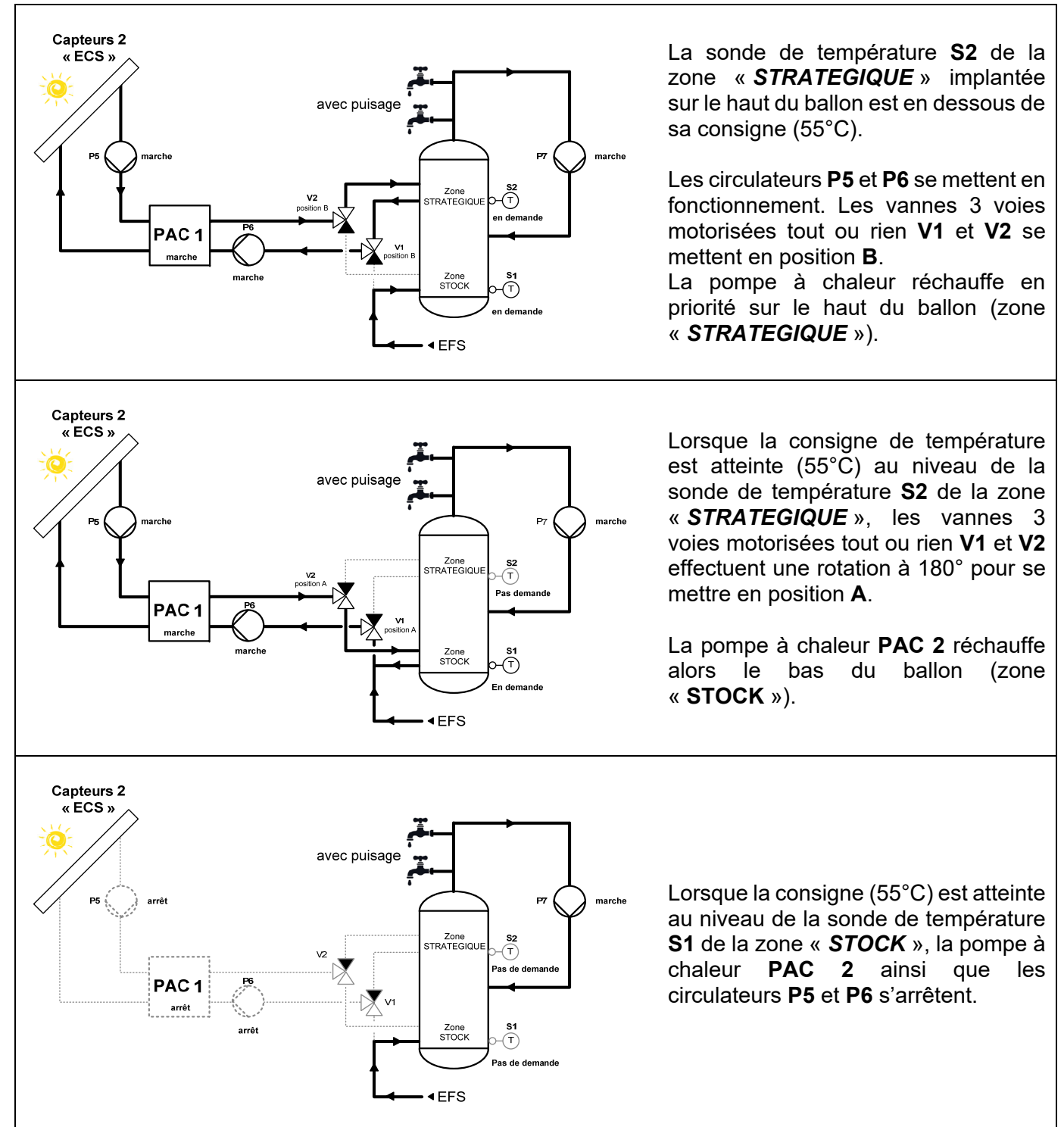
# DT2 : DIAGRAMME ENTHALPIQUE R513 A



### DT3 : RELEVES DE TEMPÉRATURE DES SONDES S1 & S2



### DT4 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU STOCKAGE ECS



La sonde de température **S2** de la zone « **STRATEGIQUE** » implantée sur le haut du ballon est en dessous de sa consigne (55°C).

Les circulateurs **P5** et **P6** se mettent en fonctionnement. Les vannes 3 voies motorisées tout ou rien **V1** et **V2** se mettent en position **B**.

La pompe à chaleur réchauffe en priorité sur le haut du ballon (zone « **STRATEGIQUE** »).

Lorsque la consigne de température est atteinte (55°C) au niveau de la sonde de température **S2** de la zone « **STRATEGIQUE** », les vannes 3 voies motorisées tout ou rien **V1** et **V2** effectuent une rotation à 180° pour se mettre en position **A**.

La pompe à chaleur **PAC 2** réchauffe alors le bas du ballon (zone « **STOCK** »).

Lorsque la consigne (55°C) est atteinte au niveau de la sonde de température **S1** de la zone « **STOCK** », la pompe à chaleur **PAC 2** ainsi que les circulateurs **P5** et **P6** s'arrêtent.





## Éthylène-glycol

Fiche toxicologique synthétique n° 25 - Edition Septembre 2016

Pour plus d'information se référer à la fiche toxicologique complète.

Nom	Numéro CAS	Numéro CE	Numéro index	Synonymes
Éthylène-glycol	107-21-1	203-473-3	603-027-00-1	Éthane-1,2-diol



### ÉTHYLÈNE-GLYCOL

#### Attention

- H302 - Nocif en cas d'ingestion

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.  
203-473-3

#### Toxicité expérimentale

##### Toxicité aigüe

La toxicité aigüe se traduit par une atteinte du système nerveux central avec convulsions ainsi que des effets pulmonaires et rénaux liés à la présence de cristaux d'oxalate dans les tissus. Il n'est pas irritant pour la peau et les solutions concentrées ont un effet caustique au niveau des yeux.

##### Toxicité subchronique, chronique

L'exposition répétée par inhalation entraîne une somnolence et une atteinte rénale modérée. Le contact répété avec les vapeurs induit une irritation conjonctivale.

##### Effets génotoxiques

Pas de donnée disponible.

##### Effets cancérogènes

Pas de donnée disponible.

##### Effets sur la reproduction

Pas de donnée disponible.

#### Toxicité sur l'Homme

L'ingestion d'éthylène-glycol provoque des troubles neurologiques, digestifs, une acidose métabolique, des convulsions et une atteinte tubulaire rénale. En cas d'exposition répétée, une dépression du système nerveux central et une hyperlymphocytose ont été rapportées. Il est irritant pour les voies respiratoires et les yeux.



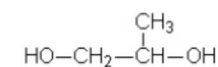
## Propylène-glycol

Fiche toxicologique n°226

### Généralités

Edition \_\_\_\_\_ Février 2020

Formule :



### Substance(s)

Formule Chimique	Détails	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	Nom	Propylène-glycol
	Numéro CAS	57-55-6
	Numéro CE	200-338-0
	Synonymes	Propane-1,2-diol ; 1,2-Propanediol ; 1,2-Dihydroxypropane ; Monopropylène-glycol ; (dl)-Propylène-glycol ; (R,S)-Propylène-glycol

### Etiquette

#### PROPYLÈNE-GLYCOL

- Cette substance doit être étiquetée conformément au règlement (CE) n° 1272/2008 dit "règlement CLP".
- 200-338-0

### Toxicité sur l'Homme

*Le propylène-glycol est réputé peu toxique. Les effets observés font suite à son emploi dans des médicaments, des aliments ou des produits cosmétiques. Quelques cas d'irritations cutanées et respiratoires ainsi que de rares cas d'allergies cutanées ont été observés.*



## DT7 : CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES FLUIDES THERMIQUES MEG ET MPG

### CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES FLUIDES THERMIQUES PHYSICAL DATA OF THERMAL FLUIDS

#### MEG 40%

solution aqueuse de monoéthylène glycol à 40%  
40% monoethylene glycol aqueous solution

température de fusion : **-23.3°C**  
freezing temperature

température $\theta$ temperature	masse volum. $\rho$ density	chaleur spécifique $C_p$ specific heat	viscosité dynamique $\mu$ dynamic viscosity	conductivité thermique $\lambda$ thermal conductivity	pression de vapeur $P_s$ vapor pressure
--	-----------------------------------	--	---	---	---

°C	kg/m <sup>3</sup>	J/kg.K	kcal/kg.°C	Pa.s	kg/m.h	W/m.K	kcal/h.m.°C	Pa (abs)	bar(rel.) barg
-20	1079	3380	0,808	0,006124	61,722	0,435	0,375	104	
-15	1077	3393	0,811	0,005047	47,090	0,437	0,376	160	
-10	1076	3406	0,814	0,004201	36,628	0,438	0,377	239	
-5	1074	3420	0,817	0,003530	29,001	0,440	0,378	353	
0	1072	3435	0,821	0,002992	23,340	0,441	0,379	511	
5	1070	3450	0,824	0,002557	19,069	0,441	0,380	731	
10	1067	3465	0,828	0,002202	15,797	0,442	0,380	1029	
15	1065	3481	0,832	0,001911	13,255	0,443	0,381	1430	
20	1063	3497	0,835	0,001669	11,255	0,443	0,381	1961	
25	1060	3513	0,839	0,001468	9,661	0,443	0,381	2658	-0,99
30	1057	3529	0,843	0,001299	8,378	0,443	0,381	3562	-0,98
35	1055	3545	0,847	0,001156	7,334	0,444	0,381	4722	-0,97
40	1052	3561	0,851	0,001034	6,476	0,444	0,381	6196	-0,95
45	1049	3578	0,855	0,000931	5,765	0,443	0,381	8050	-0,93
50	1047	3594	0,859	0,000841	5,171	0,443	0,381	10364	-0,91
55	1044	3611	0,863	0,000764	4,671	0,443	0,381	13226	-0,88
60	1041	3627	0,867	0,000697	4,247	0,443	0,381	16738	-0,85
65	1038	3643	0,870	0,000639	3,885	0,442	0,381	21014	-0,80
70	1035	3659	0,874	0,000588	3,574	0,442	0,380	26184	-0,75
75	1033	3675	0,878	0,000543	3,305	0,442	0,380	32393	-0,69
80	1030	3691	0,882	0,000503	3,072	0,441	0,380	39798	-0,62
85	1027	3707	0,886	0,000468	2,869	0,441	0,379	48578	-0,53
90	1024	3723	0,890	0,000437	2,691	0,440	0,379	58925	-0,42
95	1021	3739	0,893	0,000409	2,534	0,440	0,378	71050	-0,30
100	1018	3754	0,897	0,000384	2,395	0,439	0,378	85183	-0,16
105	1016	3770	0,901	0,000362	2,272	0,439	0,377	101573	0,00
110	1013	3785	0,904	0,000341	2,163	0,438	0,377	120487	0,19
115	1010	3800	0,908	0,000323	2,065	0,437	0,376	142211	0,41
120	1007	3815	0,912	0,000307	1,978	0,437	0,376	167055	0,66
125	1005	3830	0,915	0,000292	1,899	0,436	0,375	195344	0,94
130	1002	3845	0,919	0,000278	1,829	0,435	0,374	227427	1,26
135	999	3859	0,922	0,000266	1,765	0,435	0,374	263670	1,62
140	997	3874	0,925	0,000255	1,708	0,434	0,373	304464	2,03
145	994	3888	0,929	0,000244	1,656	0,433	0,373	350216	2,49
150	991	3902	0,932	0,000235	1,609	0,433	0,372	401357	3,00
155	989	3916	0,936	0,000226	1,566	0,432	0,371	458335	3,57
160	986	3929	0,939	0,000218	1,527	0,431	0,371	521621	4,20
165	984	3943	0,942	0,000210	1,492	0,430	0,370	591705	4,90
170	981	3956	0,945	0,000204	1,460	0,430	0,370	669097	5,68
175	979	3969	0,948	0,000197	1,431	0,429	0,369	754328	6,53

### CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES FLUIDES THERMIQUES PHYSICAL DATA OF THERMAL FLUIDS

#### MPG 40%

solution aqueuse de monopropylène glycol à 40%  
40% monopropylene glycol aqueous solution

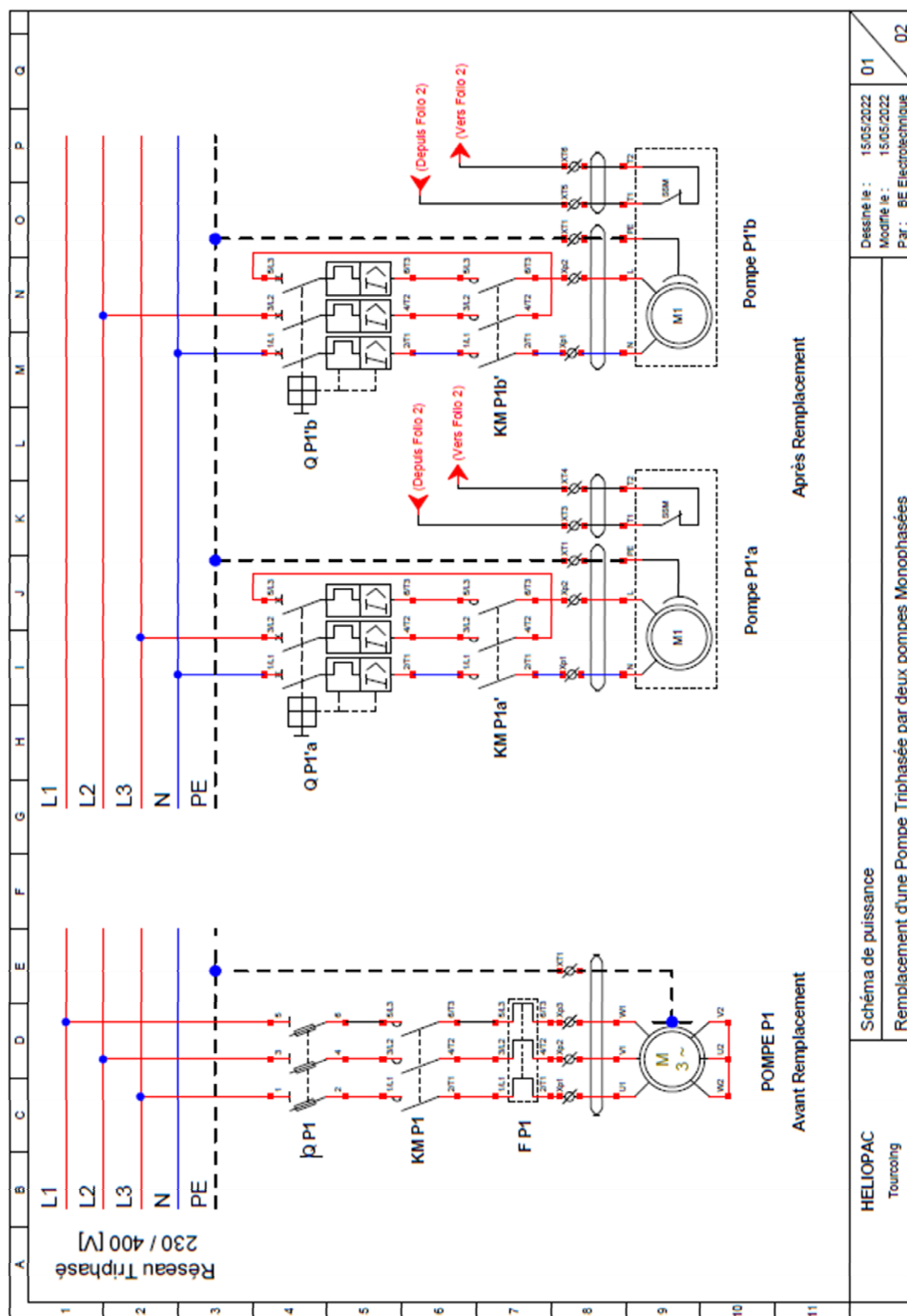
température de fusion : **-21.6°C**  
freezing temperature

température $\theta$ temperature	masse volum. $\rho$ density	chaleur spécifique $C_p$ specific heat	viscosité dynamique $\mu$ dynamic viscosity	conductivité thermique $\lambda$ thermal conductivity	pression de vapeur $P_s$ vapor pressure
--	-----------------------------------	--	---	---	---

°C	kg/m <sup>3</sup>	J/kg.K	kcal/kg.°C	Pa.s	kg/m.h	W/m.K	kcal/h.m.°C	Pa (abs)	bar(rel.) barg
-20	1049	3669	0,877	0,007565	146,343	0,409	0,352	108	
-15	1047	3679	0,879	0,006075	102,211	0,411	0,354	164	
-10	1045	3689	0,881	0,004938	73,245	0,413	0,356	247	
-5	1043	3698	0,884	0,004060	53,742	0,415	0,357	363	
0	1041	3708	0,886	0,003374	40,296	0,417	0,359	527	
5	1039	3718	0,888	0,002832	30,824	0,419	0,361	753	
10	1036	3728	0,891	0,002400	24,017	0,421	0,362	1061	
15	1033	3737	0,893	0,002052	19,034	0,423	0,364	1474	
20	1030	3747	0,895	0,001769	15,324	0,425	0,366	2022	
25	1027	3756	0,897	0,001537	12,517	0,427	0,367	2741	-0,99
30	1023	3766	0,900	0,001346	10,363	0,429	0,369	3673	-0,98
35	1020	3775	0,902	0,001187	8,688	0,431	0,370	4868	-0,96
40	1016	3784	0,904	0,001054	7,368	0,432	0,372	6388	-0,95
45	1013	3793	0,906	0,000941	6,317	0,434	0,373	8301	-0,93
50	1009	3802	0,908	0,000846	5,469	0,436	0,375	10687	-0,91
55	1005	3811	0,911	0,000764	4,780	0,437	0,376	13638	-0,88
60	1002	3820	0,913	0,000695	4,214	0,439	0,378	17260	-0,84
65	998	3828	0,915	0,000634	3,746	0,441	0,379	21671	-0,80
70	994	3837	0,917	0,000582	3,354	0,442	0,380	27005	-0,74
75	990	3845	0,919	0,000537	3,025	0,444	0,382	33409	-0,68
80	987	3854	0,921	0,000497	2,746	0,445	0,383	41048	-0,60
85	983	3862	0,923	0,000462	2,508	0,447	0,384	50105	-0,51
90	979	3870	0,925	0,000432	2,304	0,448	0,386	60780	-0,41
95	975	3878	0,926	0,000404	2,129	0,450	0,387	73289	-0,28
100	971	3885	0,928	0,000380	1,976	0,451	0,388	87871	-0,13
105	968	3893	0,930	0,000359	1,843	0,453	0,389	104780	0,03
110	964	3901	0,932	0,000340	1,727	0,454	0,390	124294	0,23
115	960	3908	0,934	0,000323	1,625	0,455	0,392	146709	0,45
120	956	3915	0,935	0,000307	1,535	0,457	0,393	172341	0,71
125	953	3923	0,937	0,000293	1,455	0,458	0,394	201529	1,00
130	949	3930	0,939	0,000281	1,384	0,459	0,395	234630	1,33
135	945	3937	0,941	0,000270	1,321	0,460	0,396	272025	1,71
140	942	3944	0,942	0,000260	1,265	0,462	0,397	314114	2,13
145	938	3951	0,944	0,000250	1,214	0,463	0,398	361320	2,60
150	934	3957	0,945	0,000242	1,169	0,464	0,399	414085	3,13
155	931	3964	0,947	0,000235	1,128	0,465	0,400	472874	3,72
160	927	3970	0,949	0,000228	1,092	0,466	0,401	538174	4,37
165	924	3977	0,950	0,000221	1,059	0,468	0,402	610491	5,09
170	920	3983	0,952	0,000216	1,029	0,469	0,403	690354	5,89
175	917	3989	0,953	0,000210	1,002	0,470	0,404	778311	6,77

## DT8 : SCHÉMAS DE PUISSANCE AVANT / APRÈS REMPLACEMENT

## DT9 : FICHE TECHNIQUE ADOUCISSEUR SÉRIE SC 8000



Caractéristiques SC 8000		8150	8200	8250	8300	8350	8400	8500	8600	8750
Volume de résine	litres	150	200	250	300	350	400	500	600	750
Capacité d'échange	standard	°m³	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000
	maximum possible	°m³	900	1200	1500	1650	2100	2320	3000	3600
Poids de sel / régénération	standard	kg	19	25	32	38	44	50	63	75
	maximum	kg	27	36	45	45	63	67	90	108
premier chargement du bac en sel	kg	300	300	300	400	400	400	800	1000	1000
Rechargement du bac en sel	kg	250	250	250	300	300	300	600	800	750
Autonomie du bac à sel (nombre de régénérations)	u	13	10	8	9	8	7	10	12	8
Volume d'eau par régénération	m³	1,050	1,400	1,750	2,100	2,450	2,800	3,500	4,200	5,500
Poids d'expédition	kg	360	410	570	600	750	800	1000	1150	1350
Charge au sol en service	kg	1150	1300	1500	1900	2200	2300	3300	3500	3700

Il est rappelé pour un adoucisseur dont le TH de sortie est de 0 [°f] que  $C_E = V_{\text{eau}} \times \Delta TH$

$C_E$	Capacité d'échange	en [°f.m³]
$V_{\text{eau}}$	Volume d'eau traitable entre deux régénérations	en [m³]
$\Delta TH$	Variation de TH* entre l'eau brute et l'eau adoucie	en [°f]

\*TH signifie Titre Hydrotimétrique en degré français [°f]

### Données connues :

- Coût du déplacement d'un technicien : 70 € HT
- Tarif du sel : 12 € HT le sac de 25 [kg]
- Tarif de l'eau : 4 [€ HT / m³]