

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

E3 – ÉTUDE DES INSTALLATIONS - OPTION B

SESSION 2014

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

Matériel autorisé :

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire N°199-186 16/11/1999)

Tout autre matériel est interdit.

Documents réponses à rendre avec la copie :

Document-réponse DR1	page 11/32
Document-réponse DR2	page 12/32
Document-réponse DR3	page 13/32
Document-réponse DR4	page 14/32
Document-réponse DR5	page 15/32
Document-réponse DR6	page 16/32

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 32 pages, numérotées de 1/32 à 32/32.**

BTS FLUIDES - ÉNERGIES - ENVIRONNEMENTS		Session 2014
Étude des installations - Option B	Code : FEBEISI	Page : 1/32

Le sujet comporte 3 dossiers :

- dossier T : travail demandé.
- dossier R : documents réponse à rendre avec la copie.
- dossier D : documentations et avis techniques.

	Titre	Temps conseillé	Barème
	Lecture du sujet	15 min	
Partie 1	Analyse du schéma de principe et réalisation d'une partie de l'installation	40 min	15 pts
Partie 2	Étude de la CTA de la salle de spectacle	60 min	20 pts
Partie 3	Étude de l'alimentation hydraulique de la batterie froide de la CTA salle de spectacle	50 min	20 pts
Partie 4	Étude de la production d'ECS	45 min	15 pts
Partie 5	Étude de l'expansion du circuit solaire	30 min	10 pts

Chaque partie sera rédigée sur une copie séparée.

Présentation générale



Le sujet porte sur l'étude d'une partie des équipements de chauffage, climatisation, ventilation d'un bâtiment R+5 servant de salle de spectacle communautaire située dans le Sud Est de la France, à Antibes (06).

L'installation est constituée par une production thermique réalisée à l'aide d'une pompe à chaleur réversible et d'un groupe frigorifique permettant d'alimenter en eau chaude et en eau glacée, les différents systèmes d'émission.

Une des particularités techniques de cette installation réside dans le fait qu'une boucle de transfert sera prévue afin de récupérer une partie de la chaleur rejetée au niveau du condenseur du groupe frigorifique lorsque celui-ci fonctionne.

Ce principe permettra une réelle économie d'énergie, notamment lors du fonctionnement de l'installation en mi-saison.

Les systèmes desservis en eau chaude et en eau glacée comprennent principalement :

- les centrales de traitement d'air implantées dans les différents locaux techniques,
- les ventilo-convecteurs implantés dans les bureaux, loges, et autres locaux spécifiques,
- les batteries chaudes des vestiaires et autres locaux,
- les aérothermes du rangement des décors et de l'aire de livraison.

DOSSIER T

TRAVAIL DEMANDÉ

Le candidat rédigera chaque partie sur des copies séparées.

Ce dossier contient 5 pages.

Partie 1 : analyse du schéma de principe et réalisation d'une partie de l'installation.

Partie 2 : étude de la centrale de traitement d'air de la salle de spectacle.

Partie 3 : étude de l'alimentation hydraulique de la batterie froide de la CTA de la salle de spectacle.

Partie 4 : étude de la production d'ECS par capteurs solaires avec appoint hydraulique et électrique.

Partie 5 : étude de l'expansion du circuit solaire.

Critères d'évaluation communs à toutes les parties :

- rigueur du raisonnement et justification des calculs effectués,
- justesse des applications numériques,
- respect des unités demandées,
- pertinence de l'exploitation des documents techniques et des données.

PARTIE 1 : ANALYSE DU SCHÉMA DE PRINCIPE ET RÉALISATION D'UNE PARTIE DE L'INSTALLATION

Comme énoncé dans la présentation générale du sujet, l'installation possède une boucle de récupération d'énergie permettant de récupérer une partie de l'énergie calorifique produite au niveau du condenseur du groupe frigorifique.

On donne :

- l'extrait du CCTP document **D1**, pages 18 et 19,
- schéma de principe hydraulique document réponse **DR1**, page 11,
- tableau de logique de fonctionnement document réponse **DR2** page 12.

On demande :

1. Repérer les différents circuits du schéma de principe hydraulique, en coloriant sur le document réponse **DR1** :
 - eau chaude, en rouge,
 - eau glacée, en bleu,
 - mixte eau chaude / eau glacée, en pointillés rouge / bleu,
 - eau glycolée, en vert.
2. Dans l'extrait du CCTP, document **D1**, on parle de l'utilisation de DRY COOLER. Qu'est-ce qu'un DRY COOLER et quelle est sa fonction ?
3. Compléter le schéma de principe hydraulique en représentant le raccordement de la boucle de récupération d'énergie sur le document réponse **DR1** et en respectant les indications données dans l'extrait du CCTP document **D1**.
4. Compléter le tableau de logique de fonctionnement document réponse **DR2**, à l'aide de l'extrait du CCTP document **D1** et du schéma de principe hydraulique document **DR1**.

PARTIE 2 : ÉTUDE DE LA CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR DE LA SALLE DE SPECTACLE

Dans cette partie, on cherche à sélectionner quelques équipements constituant la centrale de traitement d'air de la salle de spectacle.

On donne :

- les extraits du CCTP document **D1**, pages 19 et 20,
- documentation constructeur WESPER WAH document **D2**, page 22,
- caractéristiques techniques des batteries froides WESPER document **D3**, pages 23 et 24,
- le schéma de principe de la CTA de la salle de spectacle document réponse **DR3**, page 13,
- le tracé de la droite de soufflage en condition ETE sur le diagramme de l'air humide document réponse **DR4**, page 14,
- la puissance totale de la batterie froide, soit $P_{BF} = 250 \text{ kW}$,
- le débit masse d'air soufflé, soit $q_{mAS} = 16 \text{ kg}_{as}/s$.

On demande :

1. Représenter les différents éléments qui composent la CTA salle de spectacle, hors régulation et hors raccordement hydraulique, en complétant le schéma de principe de la CTA sur le document réponse **DR3**, conformément à la demande du CCTP document **D1**.
2. À l'aide des données contenues dans le CCTP document **D1**, déterminer les charges totales H (kW) et les charges hydriques M (kge/s) dans les conditions de base en ETE.
3. Déterminer le point de mélange M, en sortie du caisson de mélange de la CTA. Placer le point de soufflage S et en déduire le tracé de l'évolution dans les conditions de base été, sur le diagramme de l'air humide document réponse **DR4**.
4. À l'aide du document **D2**, sélectionner la taille de la CTA WESPER WAH.
5. Déterminer le nombre de rangs nécessaires pour la batterie froide à insérer dans la CTA à l'aide du document **D3**, en respectant les données préconisées dans le CCTP document **D1**.
6. D'après vous, pourquoi n'a-t-on pas prévu un humidificateur au sein de cette CTA ?

PARTIE 3 : ÉTUDE DE L'ALIMENTATION HYDRAULIQUE DE LA BATTERIE FROIDE DE LA CTA SALLE DE SPECTACLE

On s'intéresse maintenant au dimensionnement des principaux équipements hydrauliques alimentant la batterie froide de la CTA de la salle de spectacle en considérant dans cette partie que cette dernière est d'une puissance de 250 kW et possède 8 rangs dans une CTA de taille 111.

On donne :

- les extraits du CCTP document **D1**, page 20,
- abaque de sélection des tuyauteries acier noir document **D4**, page 25,
- le schéma de principe de la CTA salle de spectacle document réponse **DR3**, page 13,
- l'abaque des pertes de charge des batteries à eau WESPER document **D5**, page 26,
- documentation constructeur vanne 3 voies SAUTER document **D6**, page 27,
- documentation constructeur circulateur SALMSON document **D7**, page 28,
- documentation constructeur vanne de réglage TA STAF document **D8**, page 29.

On demande :

1. Déterminer le débit volume en m³/h circulant dans la batterie froide, dans les conditions de base, en négligeant les pertes thermiques.
2. À l'aide du document **D4**, déterminer le diamètre de raccordement de la tuyauterie en acier noir, d'alimentation de la batterie froide.
3. Une vanne 3 voies est montée en mélange (décharge inversée) sur les tuyauteries d'alimentation de la batterie froide. Représenter ce raccordement sur le document réponse **DR3**. Indiquer quelles sont les grandeurs physiques régulées et réglantes de cette régulation.
4. À l'aide des documents **D5** et **D6**, sélectionner la vanne 3 voies à raccorder à la batterie froide et calculer son autorité. Pour cette question, on négligera les pertes de charge des tuyauteries entre la vanne 3 voies et la batterie froide.
5. La longueur totale du circuit de raccordement de la batterie froide à la bouteille de découplage (aller + retour) est estimée à 120 mètres.
Sélectionner la pompe double parmi celles proposées sur le document **D7**, en justifiant votre choix.
6. Réaliser la sélection et indiquer le réglage de la vanne d'équilibrage nécessaire à l'obtention du débit souhaité, en utilisant le document **D8**.

PARTIE 4 : ÉTUDE DE LA PRODUCTION D'ECS PAR CAPTEURS SOLAIRES AVEC APPOINTS HYDRAULIQUE ET ÉLECTRIQUE

On s'intéresse dans cette partie à la production d'ECS.

On donne :

- les extraits du CCTP document **D1**, page 21,
- le schéma de principe de la production d'ECS document réponse **DR5**, page 15,
- la température moyenne de l'eau froide pour chaque mois document réponse **DR6**, page 16,
- les résultats des calculs, réalisés par le logiciel « Solo », de l'énergie apportée chaque mois par les 17,5 m² de capteurs solaires dans la colonne « Apports », document réponse **DR6**, page 16,
- la quantité de CO₂ rejeté par kWh d'électricité utilisé pour la production ECS : 40 g/kWh_{élec} (source ADEME-EDF).

On demande :

1. Mettre en évidence sur le schéma de principe et le tableau de légende du document réponse **DR5**, en les surlignant par des couleurs différentes, les circuits (ou parties de circuit) suivants :
 - circuit solaire,
 - partie de circuit eau froide,
 - partie de circuit ECS préchauffée par le solaire,
 - partie de circuit ECS préchauffée par l'appoint hydraulique (échangeur sur le circuit EC de la PAC),
 - partie de circuit ECS réchauffée par l'appoint électrique,
 - partie de circuit ECS distribuée à la température de 60 °C.
2. Indiquer (sur le même document réponse **DR5**) par des flèches le sens de circulation du fluide sur les circuits ou parties de circuits repérés à la question précédente.
3. Préciser la fonction de la pompe placée en bipasse du ballon d'appoint (ballon ECS), sachant que cet équipement ne fonctionne que la nuit (période heures creuses).
4. Justifier la présence de deux types d'appoint (appoint hydraulique par l'échangeur et appoint électrique dans le ballon ECS).
5. Calculer les besoins mensuels en ECS pour chaque mois de l'année et reporter ces résultats dans le document réponse **DR6**.
6. Déterminer le taux de couverture solaire annuel.
7. Évaluer la quantité annuelle de CO₂, (exprimée en tonnes/an) que la mise en place de cette installation solaire permet d'éviter de rejeter dans l'atmosphère (la consommation électrique des auxiliaires de l'installation solaire sera négligée).

PARTIE 5 : ÉTUDE DE L'EXPANSION DU CIRCUIT SOLAIRE

On s'intéresse dans cette partie au dimensionnement du vase d'expansion du circuit solaire

On donne :

- La fiche technique de l'INES (Institut National de l'Énergie Solaire) pour le calcul des vases d'expansion des installations solaires, document **D9** pages 30 et 31.
- La doc. technique des vases Flexcon Solar 110-1000 document **D10** page 32.
- La température minimale extérieure à laquelle l'installation peut être soumise : Text mini = - 10 °C.
- La teneur en glycol de l'eau glycolée du circuit solaire : 30 %.
- Le coefficient de dilatation e (en %) de l'eau glycolée en fonction de la température, pour une teneur en glycol de 30 %.

T(° C)	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
e	0,1	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6	2,1	2,6	3,1	3,8	4,4	5,2	6,0	6,9	7,8

Variation de volume de T1 à T2 = Volume installation . (e_{T2} – e_{T1}) / 100.

- La pression de vaporisation de l'eau glycolée pour une teneur en glycol de 30 %

Température (° C)	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
Pvap (bar)	0	0,3	0,8	1,4	2,3	3,2	4,4	5,7	7,2	8,8

- La contenance totale des capteurs : Vc = 14 l.
- La volume total contenu dans l'installation : Vi = 70 l.
- La température maximale de fonctionnement : Tmax = 120 ° C.
- La température ambiante lors du remplissage : Tre = 20 ° C.
- Hauteur entre le vase d'expansion et le point haut de l'installation : H = 19 m.
- La pression maximale dans les capteurs : Pep = 10 bar.
- La pression minimale au point le plus haut : Pmin = 0,3 bar.
- La réserve minimale souhaitable de fluide antigel dans le vase : Vre = 3 l.
- La pression de tarage des soupapes : Psou = 6 bar.

On demande :

1. calculer le volume de contraction Vcon,
2. calculer le volume de dilatation Vdil,
3. calculer la pression de prégonflage initiale du vase P0,
4. déterminer la pression finale de fonctionnement P2,
5. calculer le volume nominal du vase d'expansion Vn,
6. choisir dans la gamme Flexcon Solar 110-1000 le type de vase d'expansion le mieux adapté,
7. calculer la pression de remplissage à froid P1.

<p style="text-align: center;">DOSSIER DR</p> <p style="text-align: center;">DOCUMENTS RÉPONSES</p>

Ce dossier contient 6 pages

Document DR1 : schéma de principe hydraulique.

Document DR2 : tableau de logique de fonctionnement.

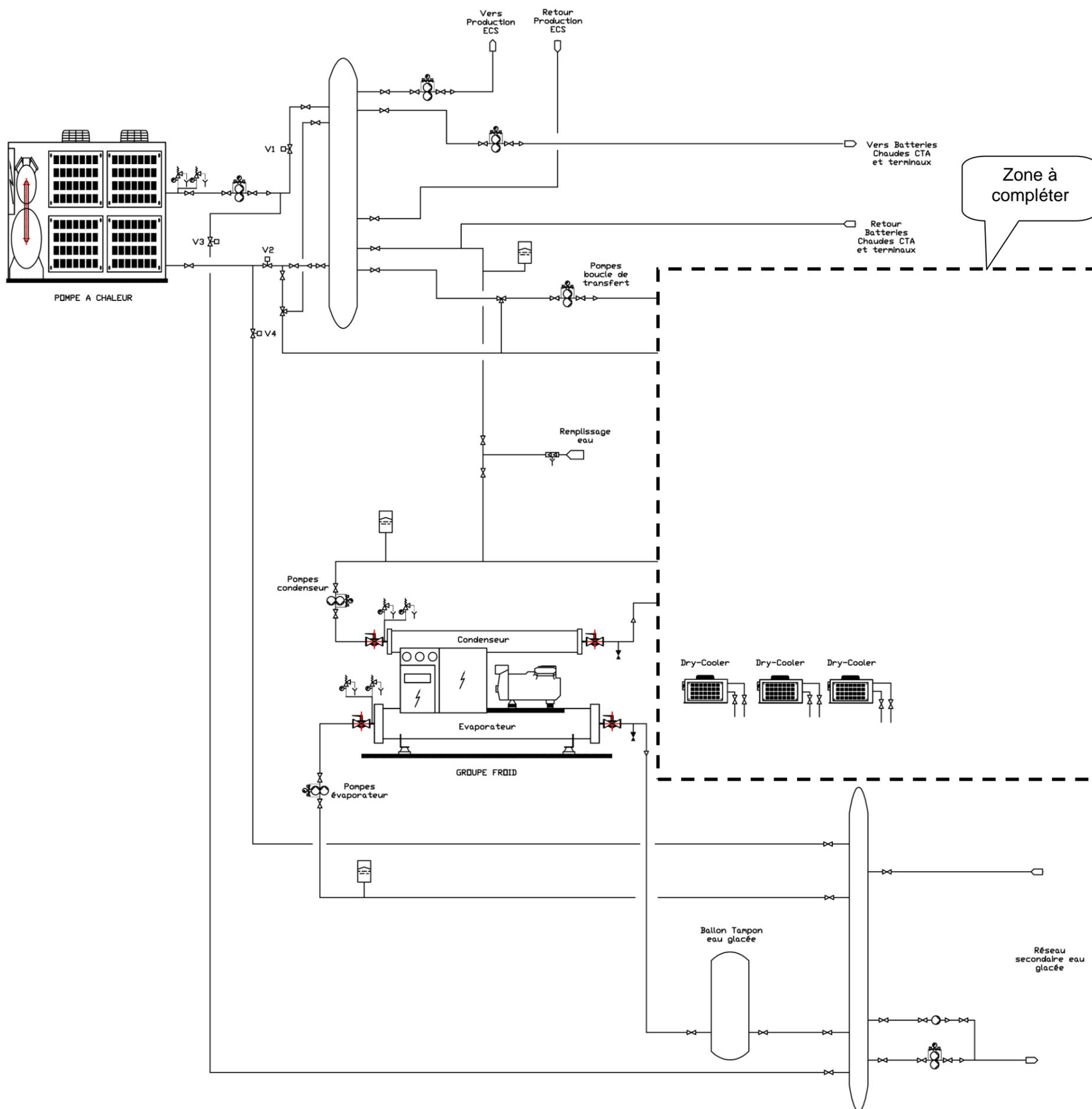
Document DR3 : schéma de principe de la CTA salle de spectacles.

Document DR4 : évolution de l'air en conditions de base été.

Document DR5 : schéma de principe de la production d'ECS.

Document DR6 : tableau de calcul de la couverture solaire.

DOCUMENT RÉPONSE DR1 : SCHÉMA DE PRINCIPE HYDRAULIQUE



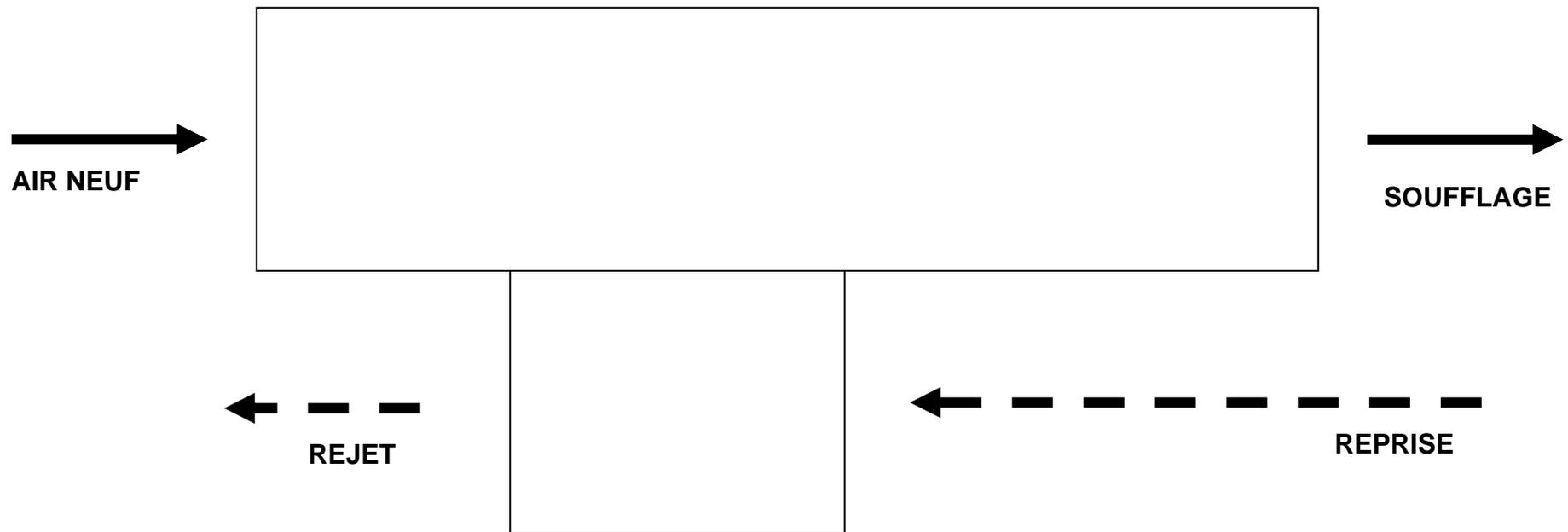
DOCUMENT DR2 : TABLEAU DE LOGIQUE DE FONCTIONNEMENT

SYSTÈME	ÉTÉ	HIVER	
		EN (CHAUD)	EN (CHAUD)
Pompe à chaleur	EN (FROID)	EN (CHAUD)	EN (CHAUD)
Groupe frigorifique	EN	EN	HORS
Vanne V1			
Vanne V2			
Vanne V3			
Vanne V4			
Pompe boucle de transfert			

Légende :

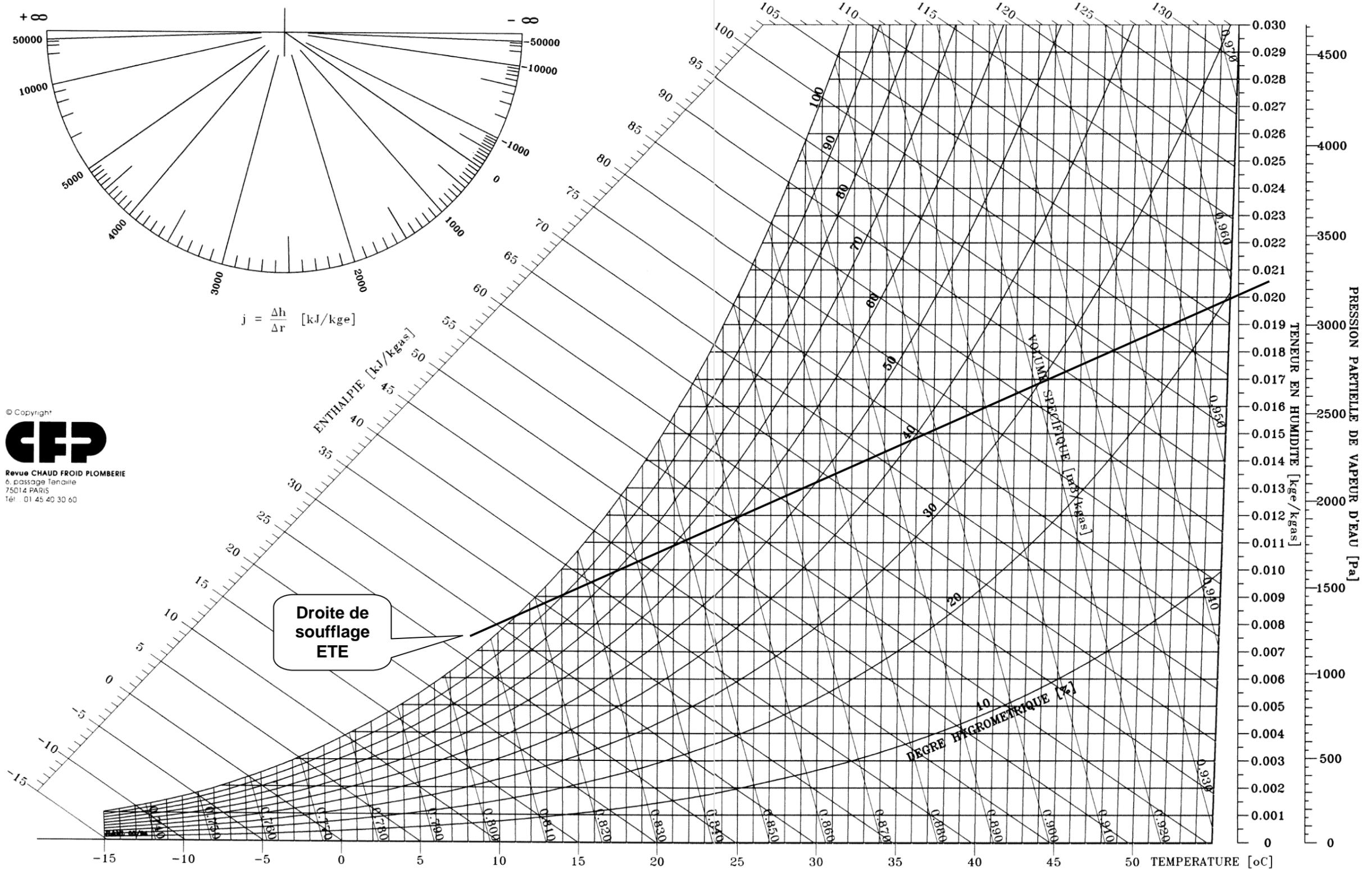
- EN** : En fonctionnement (Marche)
- HORS** : Hors fonctionnement (Arrêt)
- O** : Vanne ouverte
- F** : Vanne fermée

DOCUMENT DR3 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA CTA SALLE DE SPECTACLES



DOCUMENT DR4 : ÉVOLUTION DE L'AIR EN CONDITIONS DE BASE ÉTÉ

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE
 PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]



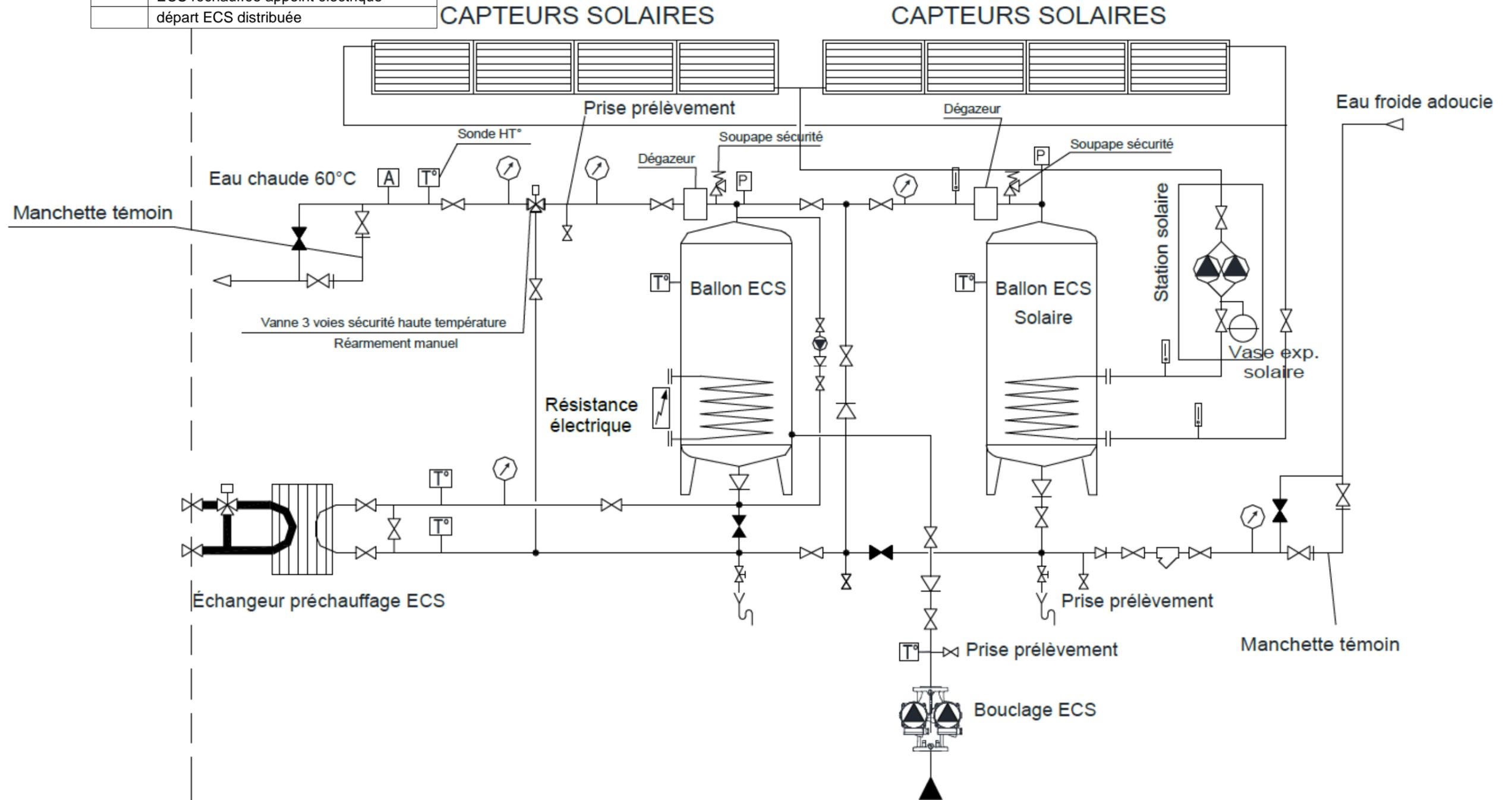
© Copyright
CFP
 Revue CHAUD FROID PLOMBERIE
 6, passage Tenaille
 75014 PARIS
 Tél : 01 45 40 30 60

DOCUMENT DR5 : SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA PRODUCTION ECS

Légende des couleurs utilisées

	circuit solaire
	EF
	ECS solaire
	ECS préchauffée appoint hydraulique
	ECS réchauffée appoint électrique
	départ ECS distribuée

PRODUCTION EAU CHAUDE SANITAIRE



**DOCUMENT DR6 : TABLEAU DE CALCUL
DE LA COUVERTURE SOLAIRE**

Note : les valeurs calculées sont à reporter uniquement dans les cellules du tableau encadrées en trait fort

	Nombre de jours	Température moyenne Eau froide (° C)	Besoins (kWh/mois)	Apports (kWh/mois)	Taux de couverture (%)
Janvier	31	12,24		660	
Février	28	12,70		675	
Mars	31	13,70		1033	
Avril	30	14,59		1062	
Mai	31	16,84		1182	
Juin	30	18,64		1178	
Juillet	31	19,74		1224	
Août	31	20,05		1212	
Septembre	30	17,95		1093	
Octobre	31	16,39		906	
Novembre	30	13,95		651	
Décembre	31	12,70		569	
Année					

DOSSIER D

DOCUMENTATIONS ET AVIS TECHNIQUES

Ce dossier contient 15 pages

- Document D1 :** extraits du CCTP.
- Document D2 :** documentation constructeur WESPER WAH.
- Document D3 :** caractéristiques techniques des batteries froides WESPER.
- Document D4 :** abaque de sélection des tuyauteries acier noir.
- Document D5 :** abaque des pertes de charge des batteries à eau WESPER.
- Document D6 :** documentation constructeur vanne 3 voies SAUTER BUG.
- Document D7 :** documentation constructeur pompe SALMSON DIL.
- Document D8 :** documentation constructeur vanne de réglage TA STAF.
- Document D9 :** fiche technique de l'INES pour le calcul des vases d'expansion des installations solaires.
- Document D10 :** documentation technique vases d'expansion Flexcon Solar.

Production de CHAUD

L'énergie calorifique nécessaire pour couvrir les besoins de chauffage et de ventilation s'effectuera simultanément par :

- une pompe à chaleur réversible air / eau, dimensionnée pour la totalité des besoins calorifiques du bâtiment,
- un groupe frigorifique à condensation à eau, avec récupération de l'énergie calorifique produite au niveau du circuit condenseur, pour les besoins de froid du bâtiment.

En sortie de la pompe à chaleur, il sera prévu des vannes 2 voies de commutation motorisées qui assurent :

- la distribution d'eau chaude jusqu'à la bouteille de découplage CHAUD, pendant le fonctionnement CHAUD de la PAC,
- la distribution d'eau glacée vers la bouteille de découplage FROID, pendant le fonctionnement FROID de la PAC.

Production de FROID

L'énergie frigorifique nécessaire pour assurer les conditions de confort en toute saison est produite de manière centralisée, sous forme d'eau glacée par :

- un groupe frigorifique à condensation à eau.
- une pompe à chaleur air / eau.

Le refroidissement du condenseur du groupe frigorifique est réalisé par un ensemble de trois DRY COOLER.

L'évaporateur du groupe frigorifique est relié à la bouteille de découplage FROID, sur laquelle se raccordera les canalisations provenant de la pompe à chaleur réversible.

4.1.2 Récupération d'énergie

La puissance produite par le groupe frigorifique en hiver et en demi-saison permet de combattre les apports internes liés à l'éclairage et l'occupation des locaux, ce qui permet de récupérer l'énergie calorifique produite au niveau du condenseur.

La mise en place d'une boucle de transfert et d'un échangeur à plaques entre le réseau de refroidissement des DRY COOLER et le réseau de chauffage assurera cette fonction. Elle devra permettre de restituer cette énergie prioritairement vers le réseau desservant les installations de traitement d'air.

La distribution de l'eau chaude ainsi récupérée sera réalisée à l'aide d'une pompe double dont une de secours.

Une vanne 3 voies de commutation sera prévue sur le circuit de récupération d'énergie, entre la bouteille de découplage CHAUD et la production calorifique, de façon à envoyer l'eau chaude :

- en haut de la bouteille de découplage, si la pompe à chaleur fonctionne en mode FROID,
- à l'entrée de la pompe à chaleur, si celle-ci fonctionne en mode CHAUD.

En cas de non utilisation par les installations de traitement d'air, la chaleur sera quand même récupérée et utilisée par l'installation de préchauffage ECS.

Les DRY COOLER, chargés d'évacuer l'excédent d'énergie du condenseur, seront au nombre de 3 et raccordés entre eux par une boucle de Tickelmann. Le circuit de refroidissement du groupe frigorifique est à débit constant avec deux pompes simples dont une de secours.

Centrale de traitement d'air de la salle de spectacle

Le système prévu est de type tout air permettant d'assurer :

- l'amenée d'air neuf hygiénique, en quantité variable selon les besoins des occupants (sonde de qualité d'air) ou selon l'intérêt énergétique (free-cooling),
- le rejet d'air vicié correspondant à l'apport d'air neuf,
- la filtration de l'air soufflé et repris,
- le contrôle des températures de confort et la limitation haute d'humidité relative dans la zone d'occupation,
- la modulation du débit de soufflage et d'extraction suivant la configuration d'utilisation de la salle.

L'hygrométrie dans la salle de spectacle n'est pas contrôlée.

La centrale de traitement d'air de la salle de spectacle devra comprendre les éléments permettant de réaliser les fonctions suivantes :

- mélange
 - un caisson de mélange à trois registres (air neuf, air recyclé, air rejeté),
- filtration
 - 3 cellules de filtration en soufflage et reprise (G4 + F7 + F8).
- chauffage / refroidissement :
 - une batterie de refroidissement et de déshumidification, à eau glacée régime 7/12 ° C, avec éliminateur de gouttes à écran par ruissellement et bac de condensats en inox.
 - une batterie de préchauffage, à eau chaude régime 45/40 ° C, préchauffant l'air neuf jusqu'à une température de 10 ° C,
 - une batterie de chauffage, à eau chaude régime 45/40 ° C.
- soufflage / reprise :
 - un ventilateur de soufflage à débit variable par variateur de fréquence.
 - un ventilateur de reprise à débit variable par variateur de fréquence.

BTS FLUIDES - ÉNERGIES - ENVIRONNEMENTS		Session 2014
Étude des installations - Option B	Code : FEBEISI	Page : 19/32

Les hypothèses à prendre en compte pour le dimensionnement des éléments de la CTA salle de spectacle sont les suivantes :

- **Conditions extérieures :**

SAISON	Température sèche θ (° C)	Humidité relative HR (%)
HIVER	- 4	95
ÉTÉ	32	47

- **Conditions intérieures à respecter et bilan thermique salle de spectacle :**

Local	Occupants	HIVER		ÉTÉ		DÉPERDITIONS STATIQUES (kW)	APPORTS STATIQUES (kW)	AIR NEUF (m ³ /h) / occup
		θ_s (° C)	HR (%)	θ_s (° C)	HR (%)			
Salle de spectacle	1 116	20	60	25	60	15,3	34,5	18

- **Apports des occupants :** - sensible : 60 W/occupant.
- latent : 60 W/occupant.

La chaleur latente de vaporisation sera prise égale à $L_v = 2\,500$ kJ/kg.

- **Écarts de soufflage :**

Dans tous les cas de figure, la température de l'air chaud soufflé dans les locaux n'excède pas 40 ° C.

L'écart de soufflage en mode rafraîchissement ne dépassera pas 6 ° C dans les locaux où la température ambiante est maintenue à 25 ° C (diffusion par grille de sol).

7.1.3 Grandeurs utilisables pour les calculs

- **Régimes d'eau :** 45/40 ° C en chaud et 7/12 ° C en froid.

- masse volumique de l'eau : $\rho = 1\,000$ kg/m³.
- chaleur massique de l'eau : $C = 4\,180$ J/kg.K.

- **Calcul des pertes de charge :**

En avant-projet, on pourra considérer que les pertes de charge singulières représentent approximativement 15 % des pertes de charge linéaires.

Les tubes acier sélectionnés devront respecter simultanément :

- une valeur de perte de charge linéique j avec $10 \text{ mmCE/m} \leq j \leq 20 \text{ mmCE/m}$.
- une vitesse maximale limitée à $w_{\max} = 1,5$ m/s.

- **Accélération de pesanteur :** $g = 10$ m/s².

- **Autorité d'une vanne de réglage :** $a = \Delta P_{V100} / (\Delta P_{V100} + \Delta P_L)$.

L'autorité réelle de la vanne de réglage sélectionnée devra respecter :

$$0,33 \leq a \leq 0,66$$

7.2.3 Production d'eau chaude sanitaire centralisée

Échangeur de préchauffage ECS

Cet échangeur sera raccordé sur le réseau secondaire de chauffage spécifique au préchauffage de l'ECS. Il sera inséré, côté secondaire, entre le ballon solaire et le ballon électrique.

Une vanne de régulation 3 voies, montée en répartition (décharge) sur le primaire de l'échangeur, assurera deux fonctions :

- interdire la circulation de l'eau de chauffage dans l'échangeur lorsque la température ECS en sortie de ballon solaire est supérieure ou égale à 40 ° C,
- régule la température de préchauffage ECS en aval de l'échangeur suivant point de consigne préétabli.

Ballon d'appoint électrique

La production d'eau chaude sanitaire sera réalisée par un ballon avec thermoplongeurs, implanté dans le local technique du niveau 01.

Ce ballon desservira les différents appareils sanitaires de la salle de spectacles par un réseau d'ECS spécifique à une température de stockage de 60 ° C.

Production d'eau chaude sanitaire solaire

La production d'eau chaude sanitaire sera réalisée par un ballon ECS solaire comprenant un couplage de panneaux solaires thermiques et du ballon de stockage équipé d'un réchauffeur électrique (thermoplongeur) destiné à l'ensemble des besoins du bâtiment.

Un groupe de régulation sera prévu afin de contrôler la température en sortie du préparateur solaire (ballon solaire) et la température ECS de distribution en sortie de ballon ECS de capacité 1000 litres.

Panneaux solaires

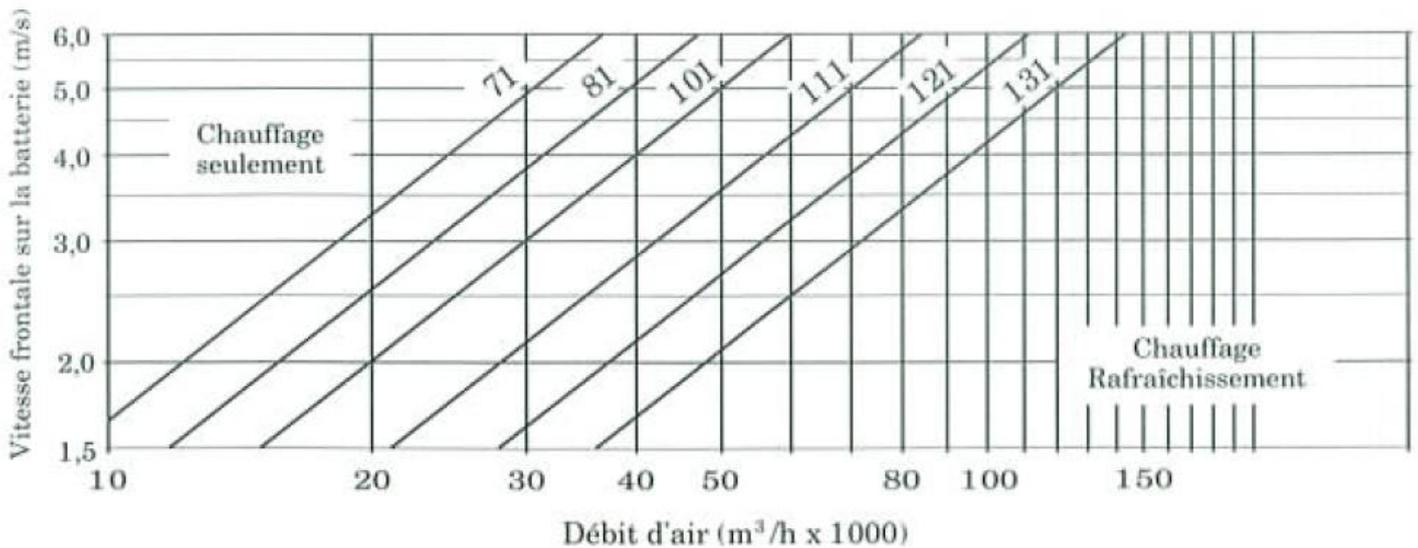
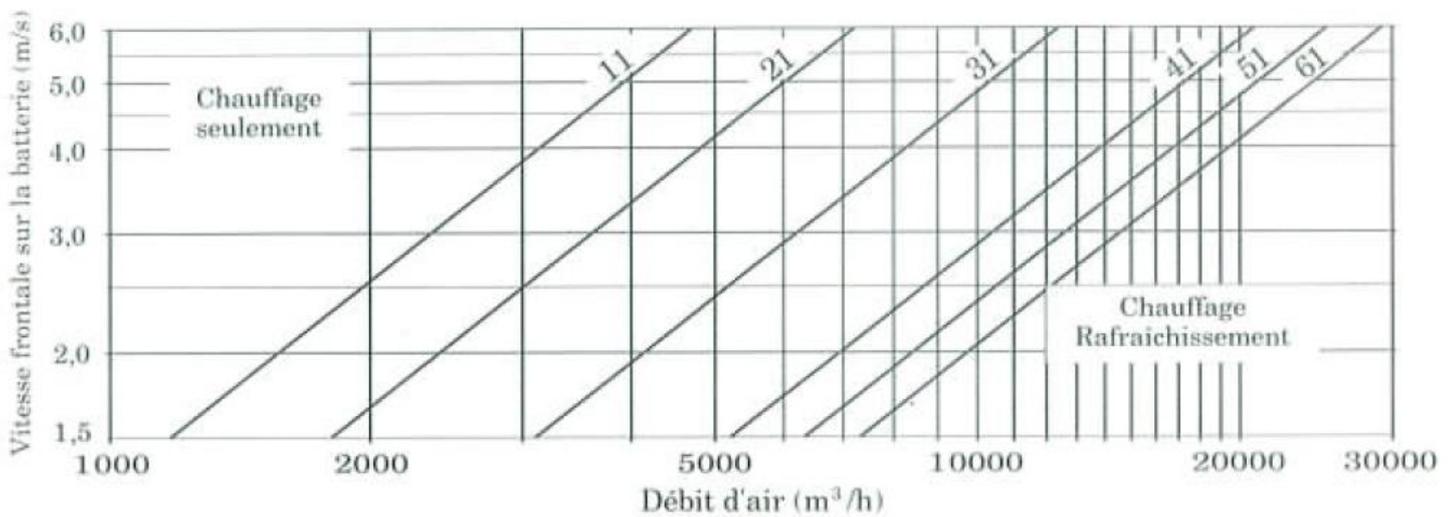
Les batteries de panneaux solaires (surface 17,5 m²) seront installés sur la terrasse végétalisée du bâtiment et assureront au minimum un taux de couverture de 45 % pour une température de distribution de 50 ° C.

Hypothèses des besoins journaliers ECS à 60 ° C : 1000 litres/jour.

Les panneaux seront composés d'un dispositif d'absorption d'énergie constitué d'un serpentín en tubes de cuivre soudé sur une tôle de cuivre, d'un châssis en profil d'aluminium et d'une couverture en verre trempé.

DOCUMENT D2 : documentation constructeur WESPER WAH

Présélectionner la taille de la centrale en fonction des abaques ci-dessous, selon que l'appareil comporte ou non une batterie froide. La vitesse frontale de l'air sur la batterie froide est limitée à 3,5 m/s avec éliminateur de gouttes. Sans éliminateur de gouttes la vitesse frontale maximale est ramenée à 2,7 m/s.



**DOCUMENT D3 : caractéristiques techniques
des batteries froides WESPER**

Exemple de sélection d'une batterie froide

Centrale WAH 81 avec une vitesse frontale choisie à **2,8 m/s**, et échangeant **200 kW** au régime **8/11 ° C** pour de l'air à **25 ° C** avec **55 %** d'hygrométrie.

La sélection de la batterie s'effectue en 2 étapes :

1. Déterminer dans le tableau ci-dessous le coefficient de correction *C* selon les conditions d'entrée d'air et le régime d'eau glacée à la batterie froide.

Coefficient de correction C pour les batteries à eau glacée

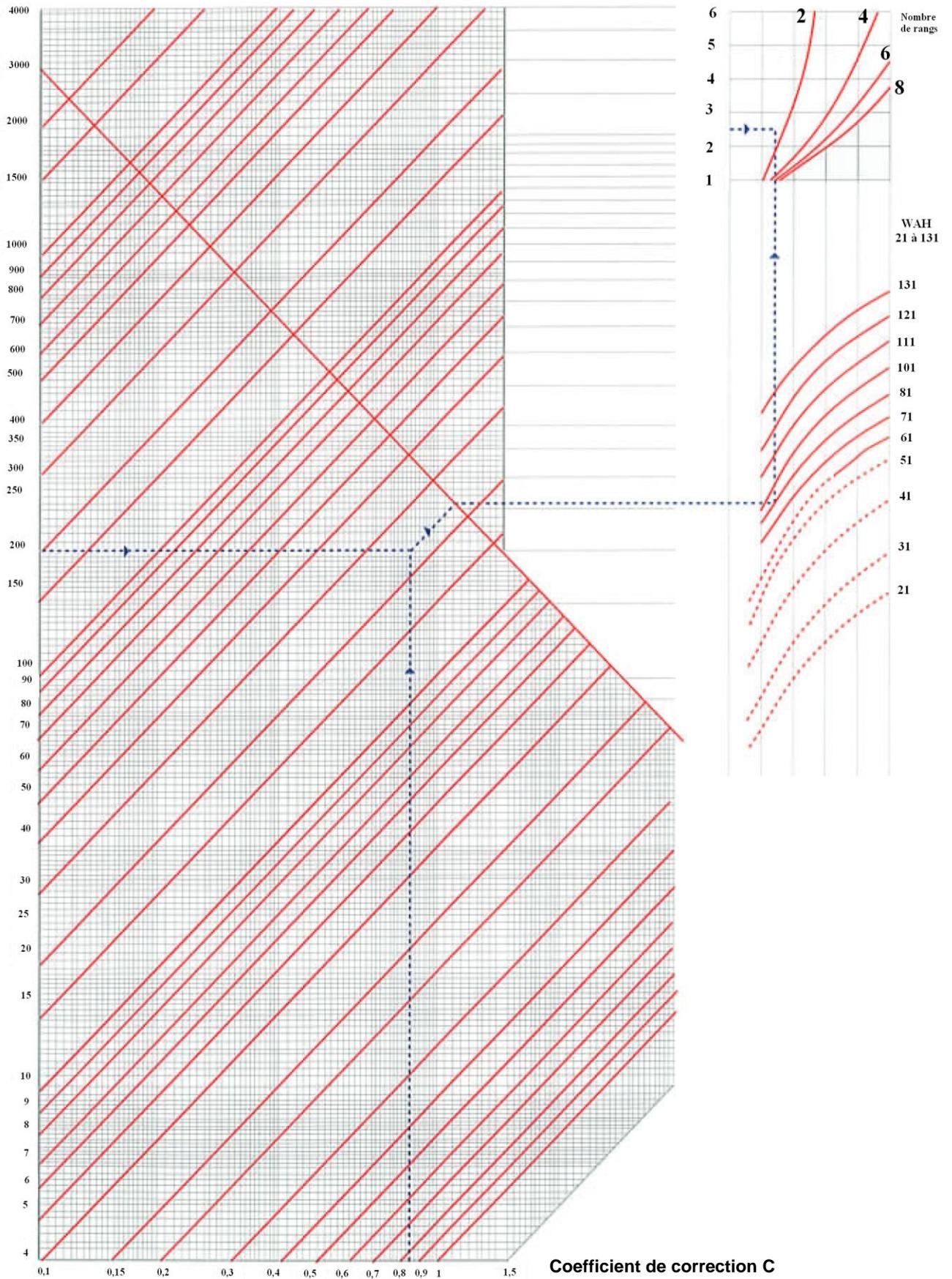
$\theta_{\text{sèche}}$ (° C)	HR (%)	Régime eau glacée			
		6/10 ° C	7/12 ° C	8/11 ° C	10/14 ° C
25 ° C	50	1,62	1,31	1,23	1,17
	55	1,15	1,09	0,86	0,78
	60	1,11	1,04	0,83	0,72
27 ° C	50	1,07	1,00	0,71	0,65
	55	0,91	0,84	0,57	0,44
	60	0,63	0,43	0,38	0,31
28 ° C	50	0,41	0,34	0,29	0,25
	55	0,30	0,22	0,20	0,17
	60	0,24	0,18	0,11	0,09

2. Tracer le point d'intersection entre la puissance désirée (**200 kW**) et le coefficient de correction **C = 0,86** sur le diagramme ci-après. Le point rabattu sur la diagonale en gras du graphique permet d'indiquer la puissance maximale disponible pour la batterie.

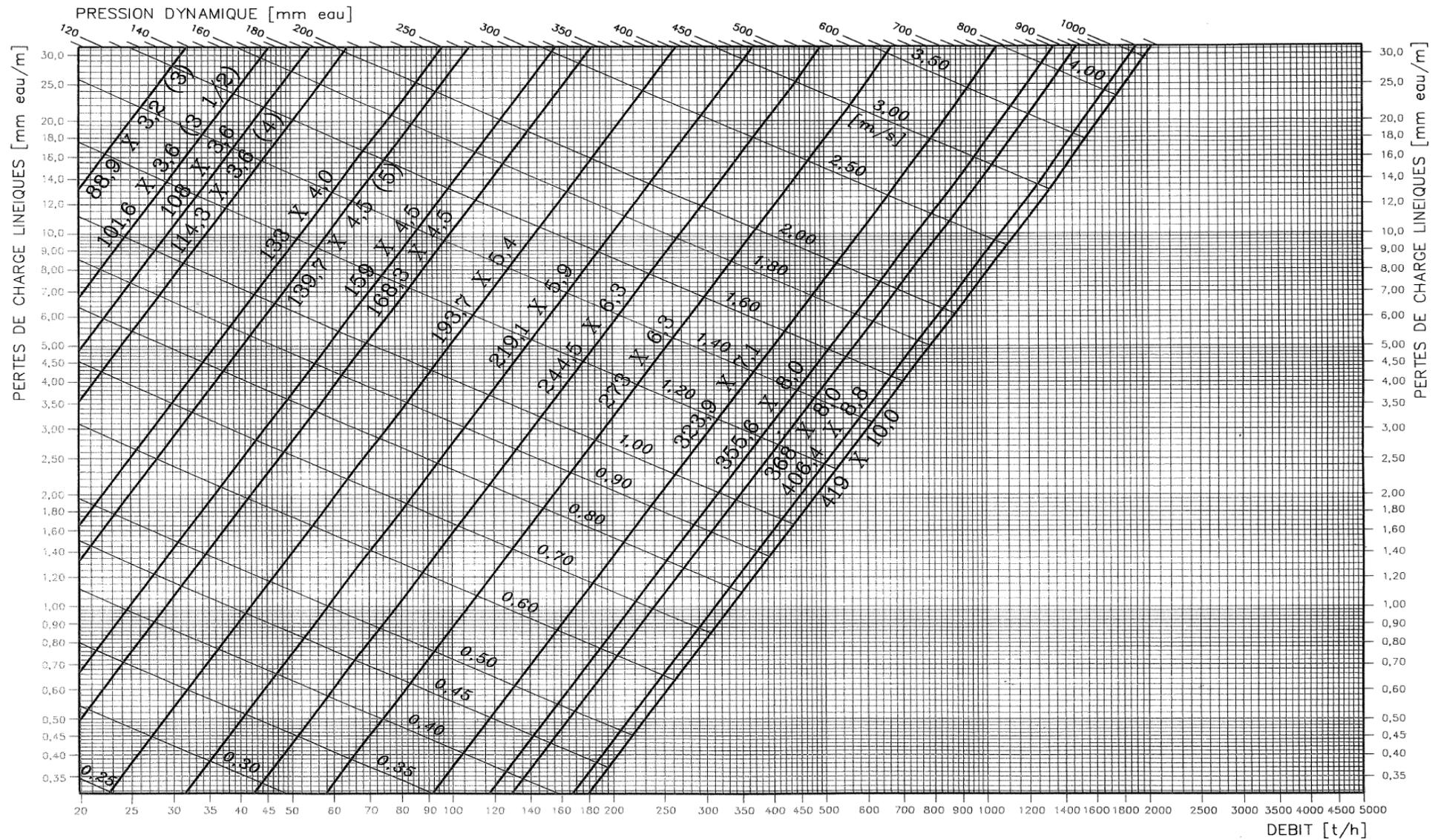
En fonction de la taille de la CTA (WAH 81) et de la vitesse frontale réelle (2,8 m/s), définir alors le nombre de rangs nécessaire pour la batterie froide (2 rangs dans notre exemple) sur le diagramme ci-après.

Puissance frigorifique [kW]

Vitesse frontale [m/s]



DOCUMENT D4 : abaque de sélection des tuyauteries acier noir



DOCUMENT D5 : abaque des pertes de charge des batteries à eau WESPER

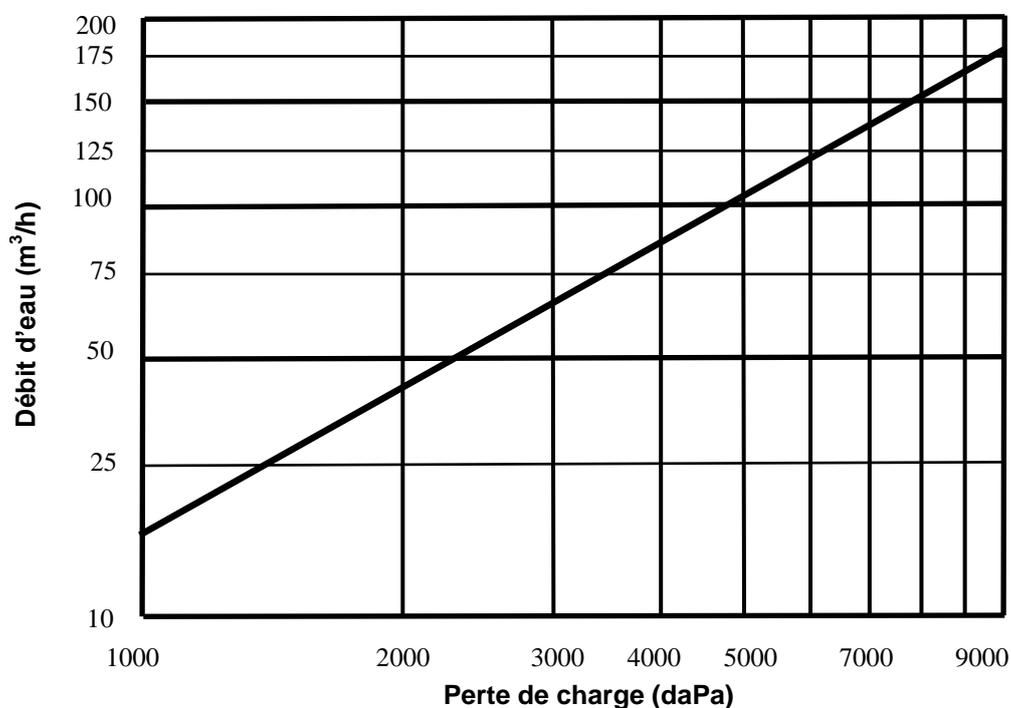
Exemple de calcul :

Données : débit de 20 m³/h dans une batterie 6 rangs d'une CTA taille 71

1. Déterminer le débit corrigé en fonction du coefficient lu dans le tableau ci-dessous :
 $20 / 0,8 = 25 \text{ m}^3/\text{h}$
2. Lire alors la perte de charge sur l'abaque avec le débit corrigé (1 400 daPa dans notre exemple)

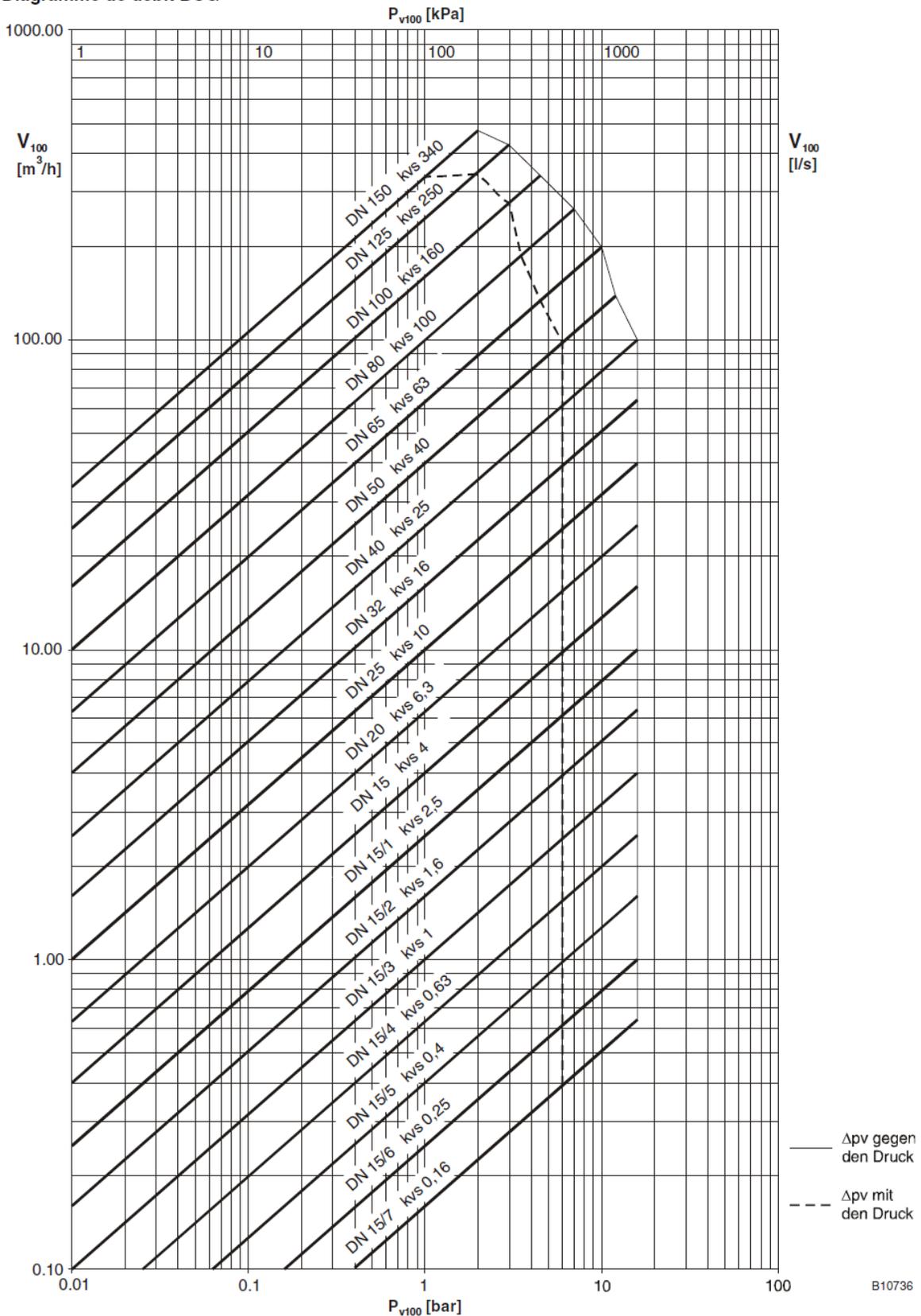
Coefficients de correction de débit

Tailles	11	21	31	41	51	61	71	81	101	111	121	131
2 rangs	0,148	0,235	0,261	0,414	0,564	0,527	0,485	0,792	1,088	0,969	1,529	1,946
4 rangs	0,181	0,273	0,385	0,509	0,707	0,496	0,573	0,627	1,292	1,144	1,559	2,096
6 rangs	0,174	0,426	0,365	0,620	0,771	0,568	0,800	1,000	1,542	1,596	2,339	3,145
8 rangs	0,172	0,373	0,471	0,828	0,779	0,758	0,855	1,255	1,807	2,289	3,119	2,780



DOCUMENT D6 : documentation constructeur vanne 3 voies SAUTER BUG

Diagramme de débit BUG



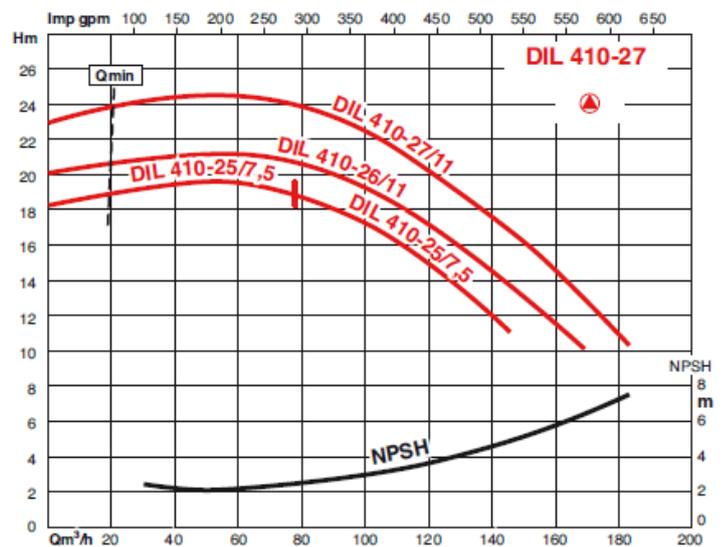
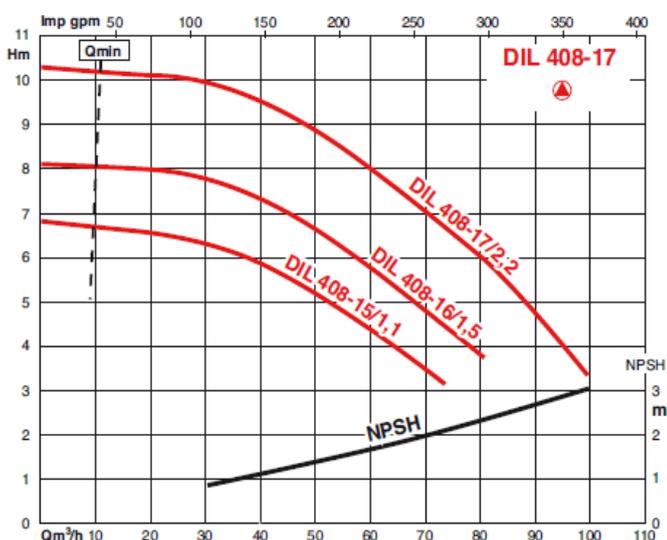
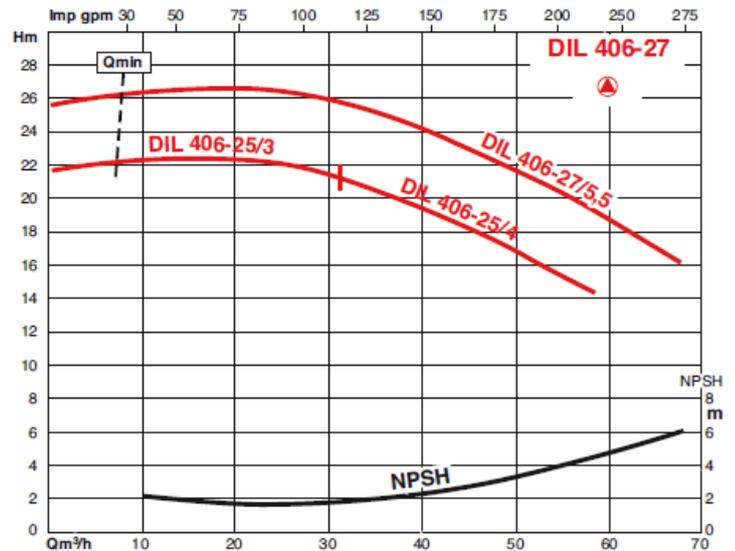
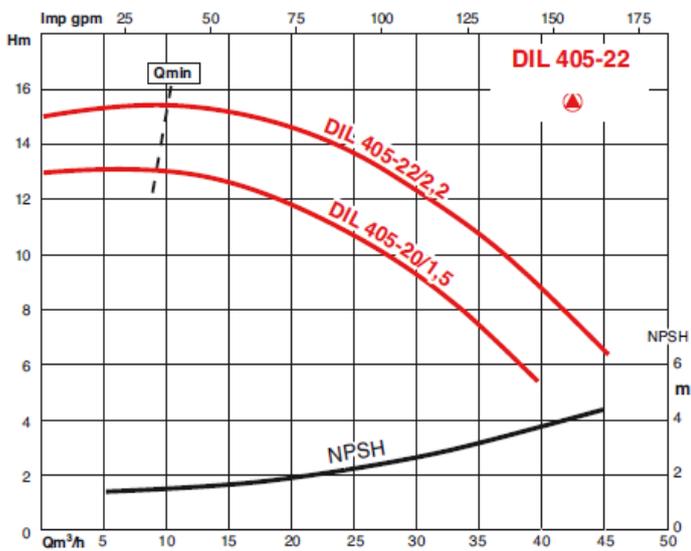
B10736

DOCUMENT D7 : documentation constructeur pompe SALMSON DIL



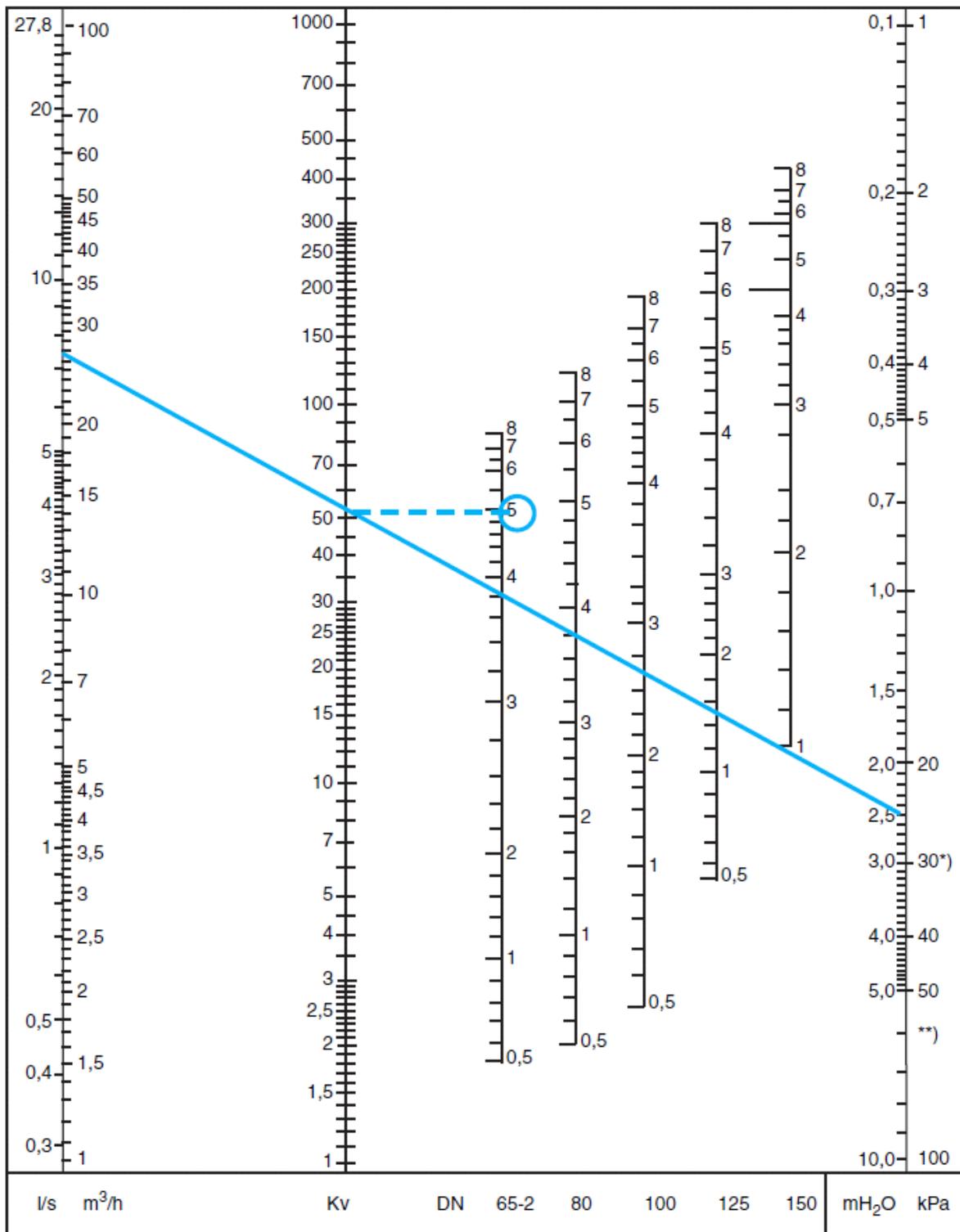
APPLICATIONS

- Circuits d'eau de chauffage
- Circuits d'eau glacée, d'eau glycolée (de 20 à 40% de glycol) et T° maxi 40°C
- Circuits d'eau de refroidissement
- Pour toutes industries où il s'agit de pomper des liquides clairs, sans particules abrasives, chimiquement neutres et non explosifs.



**DOCUMENT D8 : documentation constructeur
vanne de réglage TA STAF**

ABAQUE DN 65-150



*) 25 db (A)
**) 35 db (A)

Plage recommandée : entre 3 et 8 tours

DOCUMENT D9 : fiche technique de l'INES pour le calcul des vases d'expansion des installations solaires



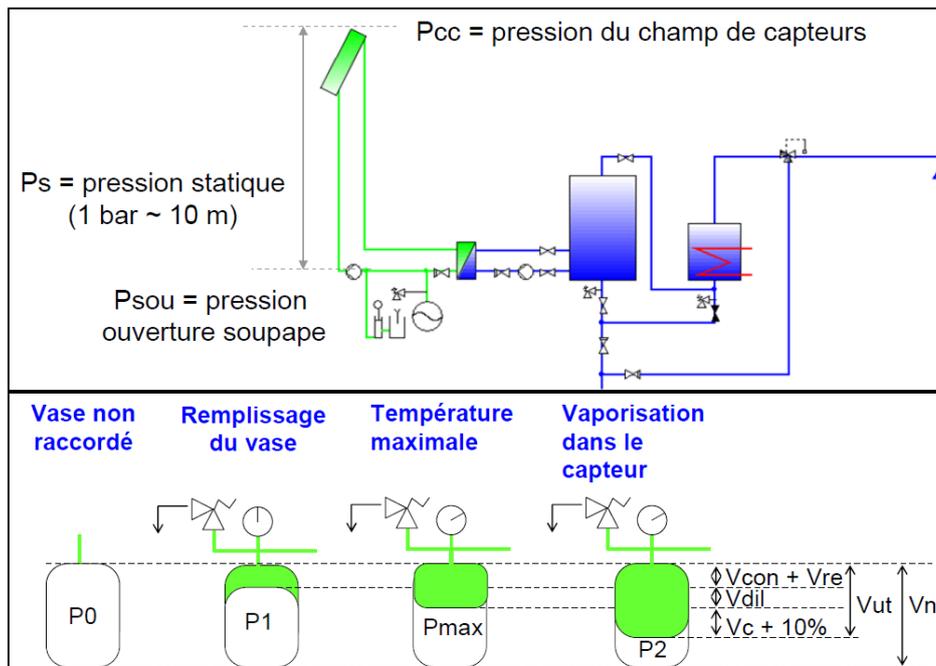
Le vase d'expansion du circuit solaire

Fonction

- Permettre la dilatation du fluide caloporteur (antigel) mis en œuvre dans l'installation lors de sa montée en température (différence importante entre le jour et la nuit),
- Assurer un remplissage complet de l'installation même par très basse température extérieure et un maintien de la pression nécessaire au capteur
- Absorber le fluide contenu dans les capteurs en cas de vaporisation de ce dernier suite à une surchauffe,
- Permettre aux capteurs de fonctionner de manière convenable,
- Éviter / limiter les appoints de liquide antigel trop répétés.

Dimensionnement

En fonction de différents volumes et pressions :



Données nécessaires au calcul

- Le type de fluide antigel et sa concentration en glycol (dépend de la région ($T^{\circ} \text{ ext mini}$) dans laquelle sera mise en place l'installation),
Propriétés des fluides glycolés sur : www.mrc-eng.com/Downloads/Brine_Properties.pdf
- Le volume V_c de fluide antigel contenu dans les capteurs proprement dits,
- Le volume total V_i de fluide antigel contenu dans l'installation (contenance du circuit solaire : capteurs, tuyauteries, échangeur, ...),
- La température maximale de fonctionnement pouvant être constatée dans l'installation (en fonctionnement) T_{max} , qui va fixer la pression relative de vaporisation P_{vap}
- La température ambiante lors du remplissage T_{re} ,
- Le lieu d'implantation du vase par rapport au point le plus haut de l'installation H ,
- La pression de service maximale dans les capteurs P_{ep} (pression d'épreuve)
- La pression minimale au point le plus haut de l'installation P_{min}
- La réserve minimale souhaitable de fluide antigel dans le vase V_{re} , ce qui limite les interventions de l'exploitant (cf norme EN 12977)

- La pression de tarage des soupapes **Psou**, déterminée par rapport à la pression maximale de service des capteurs (inférieure à $P_{ep} - 10\%$)

Calcul du vase

ATTENTION, TOUTES LES PRESSIONS SONT EXPRIMEES EN PRESSION RELATIVE (= PRESSION LUE SUR UN MANOMETRE). LES PRESSIONS ABSOLUES CORRESPONDANTES SONT PLUS ELEVEES DE 1 BAR.

Calcul des volumes de dilatation et contraction du fluide antigel :

- Le volume de contraction **Vcon** correspond à la diminution de volume de l'eau glycolée **Vi** contenue dans l'installation lorsque la température passe de la température ambiante de remplissage à **T° ext mini**.
- Le volume de dilatation **Vdil** correspond à l'expansion du fluide lorsque la température passe de la température ambiante à **Tmax**

Choix de la pression de gonflage initiale du vase (P0) :

- Lors de la mise en œuvre du vase sur l'installation, dans le cas où il est placé sur l'aspiration de la pompe, la pression de pré-gonflage du vase **P0** (à vide) sera déterminée de telle sorte que

$$P0 = H/10 + Pmin + P vap$$

- Sinon, il faut rajouter à cette pression P0, la pression différentielle de la pompe.

Pression de remplissage à froid de l'installation (P1) :

- Lors du remplissage de l'installation (à froid), la pression de remplissage **P1** sera définie de telle sorte que le volume de réserve et le volume de contraction soient introduits dans le vase

$$P1 = (P0 * Vn + 1 * (Vcon + Vre)) / (Vn - Vcon - Vre)$$

Pression finale de fonctionnement (P2):

- Par sécurité, et pour éviter tout crachement de soupape, la pression finale **P2** ne devra pas dépasser **0,9 x Psou**

Volume nominal du vase d'expansion:

- Volume utile **Vut** = volume des capteurs +10 % + dilatation + réserve + contraction :

$$Vut = 1,1 Vc + Vdil + Vcon + Vre$$

- Calcul du facteur de pression du vase : $Fp = (P2 + 1) / (P2 - P0)$
- Volume du vase : $Vn = Fp \times Vut$

Prescriptions de mise en œuvre et accessoires

- Le vase d'expansion doit préférentiellement être raccordé en amont du circulateur. Si tel n'est pas le cas, il y a lieu d'en tenir compte dans le choix de la pression de gonflage (ajouter la pression différentielle du circulateur à la pression de gonflage)
- Prévoir une vanne d'isolement avec robinet de purge pour les opérations de maintenance (vérification de la pression à vide),
- Dimensionnement : Dans certaines installations de grandes dimensions, le volume des vases d'expansion peut être très important. Dans ce cas, il est intéressant de recourir à la mise en place d'un groupe de maintien de pression à bêche fermée. Le dimensionnement d'un tel appareil s'effectue comme un vase d'expansion de facteur de pression égal à 1.
- Critère de choix d'un vase :
 - Pression d'ouverture (décollement de la membrane lors du remplissage),
 - Compatibilité au glycol de la membrane ou de la vessie
 - Perméabilité à l'air de la membrane ou de la vessie (< 10%/an si possible)
 - Les vases à vessie Butyl permettent de répondre à ces deux derniers critères
- Il faut aussi prendre les mesures nécessaires pour ne pas dépasser une température de 70°C dans le vase d'expansion. On peut notamment installer un volume intermédiaire entre le vase et l'installation.

Remarque : dans les expressions permettant de calculer P1 et Fp, la valeur 1 correspond à la pression atmosphérique exprimée en bar

BTS FLUIDES - ÉNERGIES - ENVIRONNEMENTS		Session 2014
Étude des installations - Option B	Code : FEBEISI	Page : 31/32

DOCUMENT D10 : documentation technique vases d'expansion Flexcon Solar 110-1000



Flexcon Solar 110 - 1000

Applications

Les vases d'expansion Flexcon Solar 110 - 1000 litres conviennent pour les installations de chauffage, solaires et de production d'eau glacée

Avantages

- Pour utilisation dans des installations à plus haute pression.

Les vases d'expansion Flamco répondent largement aux directives européennes et sont donc pourvus du marquage CE. Les vases Flexcon sont également conformes au Cahier des Charges Type 105.

- Vases d'expansion de haute qualité grâce à une technologie de pointe:
- Construits en acier HSS, parfaitement protégés et finis par un revêtement époxy laqué rouge brillant (RAL 3002).
- La faible perméabilité de la membrane prévient la perte de la pression de gonflage.

Les membranes sont préformées et ne risquent donc pas d'étirement, contrairement aux vessies ne remplissant pas le vase. Ceci permet à nos membranes de conserver leurs caractéristiques à long terme.

Les nervures sur la membrane l'empêchent de rester collée sur la paroi interne du vase et permet à l'eau d'expansion de rentrer dès la plus petite montée en pression.

Vases soudés, la membrane étant maintenue par un anneau de sertissage intérieur.

Le filet du raccord est non revêtu, pour un raccordement sans problèmes.

- 5 ans de garantie.

Spécifications

- Pression de service maximale: 10,0 bar(g)

Température de départ maximale dans l'installation: 120 °C (393 K).

Température maximale admissible en continu par la membrane: 70 °C (343 K) (EN1383^{1/8}).

Température de service minimale: -10 °C

Convient pour des solutions à base de glycol jusque 50%.

- Conforme à la Directive des Équipements sous Pression PED 97/23/EG.

Type	Capacité (litres)	Press. de gonfl. (bar)	Dimensions		Raccord (M)	Poids (kg)	Ø C (mm)
			Ø (mm)	H (mm)			
Flexcon Solar 110	110	3,0	484	784	1"	38,5	360
Flexcon Solar 140	140	3,0	484	950	1"	44,6	360
Flexcon Solar 200	200	3,0	600	960	1"	49,3	450
Flexcon Solar 300	300	3,0	600	1330	1"	73,7	450
Flexcon Solar 425	425	3,0	790	1180	1"	105,5	610
Flexcon Solar 600	600	3,0	790	1540	1"	132,0	610
Flexcon Solar 800	800	3,0	790	1888	1"	181,8	610
Flexcon Solar 1000	1000	3,0	790	2268	1"	211,0	610