

## ANNEXE

### MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DES SYSTÈMES DE « RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR CHAMBRES FROIDES » DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

#### 1/ Définition des systèmes

Le présent arrêté s'applique uniquement au système Boostherm

Un système de récupération de chaleur sur chambres froides, au sens du présent arrêté, est un échangeur de chaleur fluide frigorigène / eau intercalé entre le compresseur et le condenseur à air d'une chambre froide. Il permet de chauffer de l'eau en exploitant la chaleur extraite de la chambre froide lorsque l'on procède à son refroidissement et maintien en température. L'échangeur est ici un échangeur à plaques. L'eau entrant dans l'échangeur est prise en pied de ballon, l'eau en sortant arrive en tête de ballon.

#### 2/ Champ d'application.

Le présent arrêté s'applique aux bâtiments soumis à la réglementation thermique 2012 liés à une activité de restauration. En effet, le système Boostherm sera mis en place uniquement dans des zones liées à la restauration afin de bénéficier du dégagement de chaleur des groupes froids servant à la conservation des aliments.

Les usages concernés par ce titre V sont donc :

- Restauration commerciale en continue (18h/j 7j/j)
- Restauration – 1 repas /jour, 5j/7
- Restauration – 2 repas /jour, 6j/7
- Restauration – 2 repas /jour, 7j/7
- Restauration scolaire – 1 repas/jour, 5j/7
- Restauration scolaire – 3 repas/jour, 5j/7

Dans tous les cas, le système de récupération sur chambres froides jouera le rôle de générateur de base pour un volume de stockage (un ou plusieurs ballons). Il sera indispensable de saisir un appoint (électrique ou autre) sur ce volume de stockage.

Les circulateurs choisis seront fonction du module de récupération installé :

Boostherm 5 et 10kW : Ecocirc E3 : 15-3/65

Boostherm 20 - 45 - 70kW : Wilo Para Z 7

Boostherm 100kW : Wilo Stratos PARA-Z 25/1-8

Le choix du circulateur permettra de déduire le débit maximal et la consommation associée.

De même, l'auxiliaire de régulation aura une consommation fixe de 5W lié au transfo de régulation Boostherm 5W - EI42 Myrra 44239.

### 3/ Méthode de prise en compte dans les calculs pour la partie non directement modélisable

#### 3.1. DESCRIPTION DES ÉTAPES DE MODÉLISATION

La puissance de condensation disponible est fonction du matériel installé. On considère que 100% de la puissance de condensation est disponible de 7h à 12h puis de 15h à 20h.

La puissance disponible est dans un premier temps modulée en fonction de la qualité de l'échangeur

$$P_{dispo} = \alpha_{échangeur} \cdot P_{condens\_chambre\_froide}$$

Par défaut :  $\alpha_{échangeur} = 0,9$

La puissance disponible calculée est ensuite bridée en fonction du besoin ECS au pas de temps horaire mais aussi en fonction du débit maximum pouvant être fourni par la pompe. En effet, le débit s'adapte en fonction de la température revenant du ballon pour fournir de l'eau à 55°C.

En fonction du type de module de récupération Boosterm choisi, une pompe est identifiée. Il est choisi d'identifier le débit maximum et la puissance maximum associé à ce débit. Afin de brider le fonctionnement de la machine à un débit plus bas que le débit maximum, le débit bridé est introduit comme le minimum entre le débit maximal et le débit de dimensionnement. Le débit de dimensionnement est en effet le débit pour fournir la puissance disponible pour une différence de température de 20K entre l'entrée et la sortie :

$$\text{débit}_{bridage} = \min \left[ \text{débit}_{maximal}; \frac{P_{dispo}}{1,16 \times 20} \right]$$

En bridant donc le débit de la pompe au débit de bridage, le débit horaire s'exprime :

$$\text{débit}_{pompe} = \min \left[ \frac{P_{dispo}}{1,16 \cdot (55 - \theta_{aval})}; \text{débit}_{bridage} \right]$$

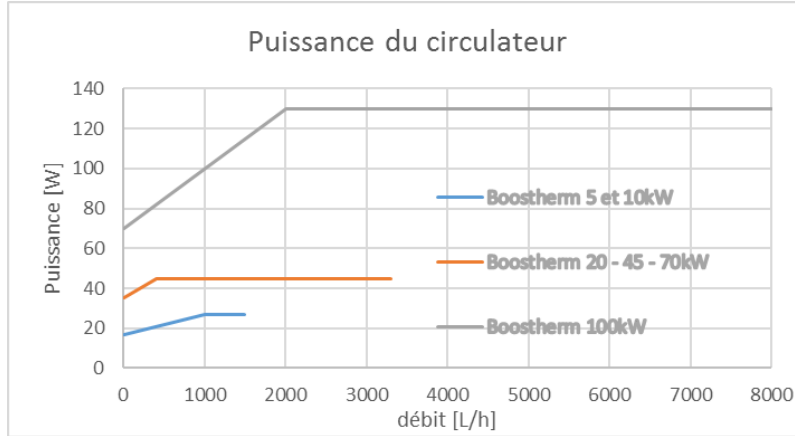
Cela permet de calculer le taux de charge :

$$\tau_{charge} = \frac{\text{débit}_{pompe}}{\text{débit}_{bridage}}$$

Et ainsi en déduire la puissance auxiliaire consommée, somme de la puissance liée à la pompe et de la puissance liée aux auxiliaires de régulation :

$$P_{aux} = P_{circulateur} + P_{aux\_regulation}$$

Pour rappel, la puissance du circulateur est liée au choix du module de récupération choisi alors que la puissance d'auxiliaire de régulation est fixée à 5W pour l'ensemble des modules.



La puissance utilisable par la base du ballon ECS sera alors le minimum entre la puissance de base requise par le ballon  $Q_{req}$  et la puissance pour remonter la température du ballon à 55°C :

$$P_{util} = \min[1,16 \cdot \text{débit}_{pompe} \cdot (55 - \theta_{aval}); Q_{req}]$$

### 3.2. NOMENCLATURE DU MODÈLE

<b>Entrées</b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
<i>aQreq</i>	Energie à fournir pour les besoins ECS.	Wh	-	-
<i>aTheta_aval</i>	Température aval de l'ECS	°C	-	-
<b>Paramètres du module</b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	<b>Def</b>
<i>Type_récupération_Boostherm</i>	Type de système BOOSTHERM	-	-	-
<i>P_condensation_constructeur</i>	Puissance de condensation de la chambre froide donnée par le constructeur	W	[0;+∞[	-
<i>i_nombre_gene</i>	Nombre de générateurs BOOSTHERM identiques	-	[0;+∞[	1
<b>Sorties</b>				
<b>Nom</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Intervalle</b>	
<i>Pfou</i>	Puissance fournie par le Boostherm.	W	[0;+∞[	
<i>Phi_vc</i>	Déperdition du volume chauffé.	W	[0;+∞[	
<i>Q_Cef_Ecs</i>	Consommation en énergie finale du générateur.	Wh	[0;+∞[	
<i>Q_cons</i>	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh	[0;+∞[	
<i>Q_fou</i>	Énergie totale fournie par le Boostherm.	Wh	[0;+∞[	
<i>Qrest</i>	Énergie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur)	Wh	[0;+∞[	
<i>R_fonctecs</i>	Temps de fonctionnement du générateur en ECS au pas de temps h	h	[0;1]	
<i>Waux_Pro</i>	Consommation des auxiliaires au pas de temps h	Wh	[0;+∞[	

## Variables internes

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
<i>Besoin_ECS</i>	Energie à fournir pour les besoins ECS.	Wh	[0;+∞[	-
<i>debit_bridage</i>	Débit de bridage des pompes du Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	-
<i>debit_bridage01</i>	Débit de bridage des pompes du Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	1000
<i>debit_bridage02</i>	Débit de bridage des pompes du Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	400
<i>debit_bridage03</i>	Débit de bridage des pompes du Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	2000
<i>debit_dimensionnement</i>	Débit de dimensionnement du Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	-
<i>debit_max</i>	Débit maximal du Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	-
<i>debit_max01</i>	Débit maximal pour certains modèles de Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	1500
<i>debit_max02</i>	Débit maximal pour certains modèles de Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	3300
<i>debit_max03</i>	Débit maximal pour certains modèles de Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	8000
<i>debit_pompe</i>	Débit des pompes du Boosterm.	kg/h	[0;+∞[	-
<i>P_aux_regul</i>	Puissance des auxiliaires de régulation.	W	[0;+∞[	5
<i>P_condens_reel</i>	Puissance réelle de condensation.	W	[0;+∞[	-
<i>P_pompe</i>	Puissance des pompes.	W	[0;+∞[	0
<i>Paux</i>	Puissance des auxiliaires	W	[0;+∞[	-
<i>Pfou</i>	Puissance fournie par le Boosterm.	W	[0;+∞[	-
<i>puissance_bridage</i>	Puissance de bridage.	W	[0;+∞[	-
<i>Puissance_bridage01</i>	Pompe de bridage pour certain modèle de Boosterm.	W	[0;+∞[	17
<i>Puissance_bridage02</i>	Pompe de bridage pour certain modèle de Boosterm.	W	[0;+∞[	35
<i>Puissance_bridage03</i>	Pompe de bridage pour certain modèle de Boosterm.	W	[0;+∞[	70
<i>puissance_condensation</i>	Puissance de condensation.	W	[0;+∞[	-
<i>Puissance_dispo</i>	Puissance récupérable par le système Boosterm en amont du condenseur du groupe frigorifique.	W	[0;+∞[	-

<i>puissance_dispo_pouvant_etre_fournie</i>	Puissance disponible pouvant être fournie par le groupe frigorifique.	W	[0;+∞[	-
<i>puissance_max</i>	Puissance maximale du Boostherm.	W	[0;+∞[	-
<i>puissance_max01</i>	Puissance maximale pour certain modèle de Boostherm.	W	[0;+∞[	27
<i>puissance_max02</i>	Puissance maximale pour certain modèle de Boostherm.	W	[0;+∞[	45
<i>puissance_max03</i>	Puissance maximale pour certain modèle de Boostherm.	W	[0;+∞[	130
<i>taux_charge</i>	Rapport du débit de la pompe du Boostherm sur le débit de bridage.	-	[0 ;1]	
<i>teta_aval_ECS</i>	Température de la source aval qui est l'ECS.	°C	-	-

### Constantes

Nom	Description	Unité	Intervalle	Def
-----	-------------	-------	------------	-----

Table 1 : Liste des variables du modèle

### 3.3. DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

Il y a dans un premier temps une initialisation des variables, en fonction du type de système de récupération choisi :

On récupère le type de système choisi par l'utilisateur.

$Type\_récupération\_Boostherm = \_Data.Type\_récupération\_Boostherm$	Eq. 1.
--	--------

La valeur de la variable `Type_récupération_Boostherm` est ensuite testée dans les trois conditions suivantes.

1. Si le système BOOSTHERM est de 5kW ou 10 kW, alors :

$debit\_max = debit\_max01$	Eq. 2.
-----------------------------	--------

$puissance\_max = puissance\_max01$	Eq. 3.
-------------------------------------	--------

$debit\_bridage = debit\_bridage01$	Eq. 4.
-------------------------------------	--------

$puissance\_bridage = puissance\_bridage01$	Eq. 5.
---	--------

2. Si le système BOOSTHERM est de 20kW ou 45kW ou 70kW, alors :

$debit\_max = debit\_max02$	Eq. 6.
-----------------------------	--------

$puissance\_max = puissance\_max02$	Eq. 7.
-------------------------------------	--------

$debit\_bridage = debit\_bridage02$	Eq. 8.
-------------------------------------	--------

$puissance\_bridage = puissance\_bridage02$	Eq. 9.
---	--------

}

3. Sinon, pour le récupérateur de 100kW, {

$debit\_max = debit\_max03$	Eq. 10.
-----------------------------	---------

$puissance\_max = puissance\_max03$	Eq. 11.
-------------------------------------	---------

$debit\_bridage = debit\_bridage03$	Eq. 12.
-------------------------------------	---------

$puissance\_bridage = puissance\_bridage03$	Eq. 13.
---	---------

}

On récupère la puissance de condensation réelle.

$P\_condens\_reel = P\_condensation\_constructeur$	Eq. 14.
--	---------

Si la puissance de condensation réelle est supérieure à 0, alors {

$puissance\_condensation = P\_condens\_reel$	Eq. 15.
--	---------

}

On initialise les variables telles que Besoin\_ECS, taux\_charge, Paux, Pfou

On récupère du moteur les variables suivantes :

aQreq

aTheta\_aval

Et on pose

$Besoin\_ECS = aQreq$	Eq. 16.
-----------------------	---------

Et

$teta\_aval\_ECS = aTheta\_aval$	Eq. 17.
----------------------------------	---------

Si Besoin\_ECS est supérieur à zéro {

Si teta\_aval\_ECS inférieur à 55°C {

Si l'heure est comprise entre 7h et 12h ou entre 15h et 21h, alors {



On détermine la puissance disponible.

$Puissance\_dispo = 0,9 \times puissance\_condensation$	Eq. 18.
---	---------

On détermine ensuite le débit de dimensionnement.

$debit\_dimensionnement = Puissance\_dispo / (1,16 * 20)$	Eq. 19.
---	---------

On détermine le débit de bridage.

$debit\_bridage = Min(debit\_dimensionnement, debit\_max)$	Eq. 20.
--	---------

On limite cette puissance disponible calculée par rapport au débit pouvant être fourni.

$debit\_pompe = Min(\frac{Puissance\_dispo}{1,16 * (55 - theta\_aval\_ecs)}, debit\_bridage)$	Eq. 21.
---	---------

$puissance\_dispo\_pouvant\_etre\_fournie = 1,16 \times debit\_pompe \times (55 - theta\_aval\_ecs)$	Eq. 22.
--	---------

Dans l'équation suivante, Besoin\_ECS a été converti en W (pas de temps d'1h)

$Pfou = Min(Besoin\_ECS, puissance\_dispo\_pouvant\_etre\_fournie)$	Eq. 23.
---	---------

} Fin du si sur les heures.

} Fin du si sur teta\_aval\_ECS inférieur à 55°C.

} Fin du si sur Besoin\_ECS est supérieur à zéro.

Pour la suite, on détermine Paux.

Si le débit pompe (debit\_pompe) vaut zéro. {

$P\_pompe = puissance\_bridage$	Eq. 24.
---------------------------------	---------

}

Sinon, si le débit de pompe est inférieur au débit de bridage {

$P\_pompe = puissance\_bridage + (puissance\_max - puissance\_bridage) * debit\_pompe / debit\_bridage$	Eq. 25.
---	---------

}

Sinon {

$P\_pompe = puissance\_max$	Eq. 26.
-----------------------------	---------

}

$P_{aux} = P_{pompe} + P_{aux\_regul}$	Eq. 27.
--	---------

Enfin, les résultats du module sont les suivants :

$P_{max} = P_{fou}$	Eq. 28.
---------------------	---------

$Q_{cons} = P_{aux}$	Eq. 29.
----------------------	---------

$Q_{fou} = P_{fou}$	Eq. 30.
---------------------	---------

$Q_{rest} = aQ_{req} - P_{fou}$	Eq. 31.
---------------------------------	---------

$Taux\_Charge = 1$	Eq. 32.
--------------------	---------

$R_{fonctecs} = Taux\_Charge$	Eq. 33.
-------------------------------	---------

$W_{aux\_Pro} = 0$	Eq. 34.
--------------------	---------

$Q_{prelec} = 0$	Eq. 35.
------------------	---------

$\Phi_{vc} = 0$	Eq. 36.
-----------------	---------

$Q_{Cef\_Ecs}[Id\_En\_Gen] = Q_{cons}$	Eq. 37.
--	---------