

AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES

Arrêté du 24 octobre 2017 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des pompes à chaleur air/eau-air triple service à compression électrique dans la réglementation thermique 2012 (JORF n° 0256 du 1^{er} novembre 2017)

NOR : TERL1723022A

Publics concernés : *maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, constructeurs et promoteurs, architectes, bureaux d'études thermiques, contrôleurs techniques, diagnostiqueurs, organismes de certification, entreprises du bâtiment, industriels des matériaux de construction et des systèmes techniques du bâtiment, fournisseurs d'énergie.*

Objet : *Prise en compte des pompes à chaleur air/eau-air triple service à compression électrique dans la réglementation thermique (procédure dite « Titre V »).*

Entrée en vigueur : *les dispositions prises par cet arrêté sont applicables à compter du lendemain de la date de publication.*

Références : *le présent arrêté peut être consulté sur le site Légifrance (<http://www.legifrance.gouv.fr>).*

Le ministre d'État, ministre de la transition écologique et solidaire, et le ministre de la cohésion des territoires,

Vu la directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil en date du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (refonte);

Vu le code de la construction et de l'habitation, notamment ses articles L. 111-9 et R. 111-20;

Vu l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments;

Vu l'arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions;

Vu l'arrêté du 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul Th-B-C-E prévue aux articles 4, 5 et 6 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments;

Vu l'arrêté du 11 décembre 2014 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment de petite surface et diverses simplifications;

Vu l'arrêté du 19 décembre 2014 modifiant les modalités de validation d'une démarche qualité pour le contrôle de l'étanchéité à l'air par un constructeur de maisons individuelles ou de logements collectifs et relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments collectifs nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment collectif,

Arrêtent:

Art. 1^{er}. – Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé et à l'article 40 de l'arrêté du 28 décembre 2012 susvisé, le mode de prise en compte des pompes à chaleur air/eau-air triple service à compression électrique dans la méthode de calcul Th-B-C-E 2012, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe du présent arrêté.

Art. 2. – Le directeur de l’habitat, de l’urbanisme et des paysages et le directeur général de l’énergie et du climat sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l’exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 24 octobre 2017.

Le ministre de la cohésion des territoires,

Pour le ministre et par délégation :

*Le sous-directeur de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*

E. ACCHIARDI

*Le ministre d’État,
ministre de la transition écologique
et solidaire,*

Pour le ministre d’État et par délégation :

*Le sous-directeur de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*

E. ACCHIARDI

*Le directeur général
de l’énergie et du climat,*

L. MICHEL

ANNEXE

MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DES SYSTÈMES DE POMPE À CHALEUR AIR/EAU-AIR TRIPLE SERVICE À COMPRESSION ÉLECTRIQUE DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

1. DEFINITION DU SYSTEME

Le système de pompe à chaleur air/eau-air triple service T.One® AquaAIR d'ALDES est un système capable d'assurer alternativement les fonctions suivantes : chauffage via le vecteur air, production d'eau chaude sanitaire (ECS) et refroidissement via le vecteur air (en option).

Le présent arrêté est applicable uniquement au système T.One® AquaAIR de la société ALDES.

Ce système ne permet pas d'assurer la fonction ventilation.

La figure 1 montre un schéma de principe du système T.One® AquaAIR d'ALDES.

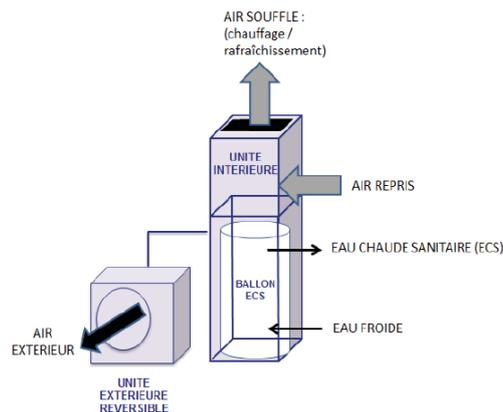


Figure 1 : Schéma de principe du système T.One® AquaAIR

Le système est composé d'une unité extérieure séparée (split) incluant un compresseur, un détendeur, un échangeur à air et un ventilateur.

Il est muni :

- d'un module intérieur de chauffage / refroidissement incluant un échangeur à air et un ventilateur de recyclage ;
- d'un module de préparation ECS incluant un ballon de stockage, un condenseur dédié et une résistance électrique d'appoint ;
- d'une liaison frigorifique entre l'unité extérieure et les modules de chauffage/refroidissement et d'ECS ;
- d'une régulation électronique pilotant l'ensemble.

Le système puise les calories dans l'air extérieur (source amont), et son compresseur est à vitesse variable (technologie « INVERTER »).

En mode **chauffage** ou **refroidissement**, l'air est repris dans le couloir ou le hall par le ventilateur de recyclage et insufflé dans les pièces de vie. La préparation d'ECS n'est pas active.

En mode **préparation d'ECS**, le ventilateur de recyclage ne fonctionne pas. Il n'y a pas de circulation d'air due au système dans le volume habitable. L'énergie thermodynamique est intégralement injectée dans le ballon de stockage d'ECS.

2. CHAMP D'APPLICATION

Le présent arrêté est applicable au **secteur résidentiel** (maison individuelle et logement collectif), quelle que soit la zone climatique ou l'altitude. Le système ne peut être utilisé que pour un seul groupe.

3. METHODE DE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS POUR LA PARTIE NON DIRECTEMENT MODELISABLE

3.1 NOMENCLATURE

Le tableau suivant donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	
S. Amont	θ_{amont}	Température de la source amont (air extérieur).	°C			
	θ_{aval}	Température de la source aval (air recyclé ou eau du ballon d'eau chaude)	°C			
Génération	Q_{req}	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	Wh			
	$id_{fonction}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : chauffage 2 : refroidissement 3 : ECS	Ent			
	R_{puis_dispo}	Ratio de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible en chauffage ou en refroidissement (en fraction d'heure).	Réel	0	1	
Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
	$Id_priorite_Ch$ $Id_priorite_Ecs$ $Id_priorite_Fr$	Indice de priorité dans l'ensemble des modes	-	1	$+\infty$	
	Id_Source_Amont	Identifiant de la source amont				
	$\{\theta_{aval(i)}\}_{ch}$ $\{\theta_{aval(i)}\}_{ecs}$ $\{\theta_{aval(i)}\}_{fr}$	Liste des températures aval principales de la machine en chauffage, en ECS et en froid.	°C	-50	100	
	$\{\theta_{amont(j)}\}_{ch}$ $\{\theta_{amont(j)}\}_{ecs}$ $\{\theta_{amont(j)}\}_{fr}$	Liste des températures amont principales de la machine en chauffage, en ECS et en froid.	°C	-50	100	

$N_{\theta_{\text{aval_ch}}}$ $N_{\theta_{\text{aval_ecs}}}$ $N_{\theta_{\text{aval_fr}}}$	Nombre de températures aval principales en chauffage, en ECS et en froid.	Ent	1		
$N_{\theta_{\text{amont_ch}}}$ $N_{\theta_{\text{amont_ecs}}}$ $N_{\theta_{\text{amont_fr}}}$	Nombre de températures amont principales en chauffage, en ECS et en froid.	Ent	1		
$\text{Statut}_{\text{données_PC_ch}}$ $\text{Statut}_{\text{données_PC_ECS}}$ $\text{Statut}_{\text{données_PC_fr}}$	Statut des performances à pleine charge renseignées en chauffage, en ECS, en froid : 1 : il existe des valeurs de performance certifiées ou justifiées 2 : les valeurs de performance sont déclarées ou par défaut	Ent	1	2	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en chauffage et en refroidissement					
$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{\text{ch}}$ $\{\text{StatutEER}(i,j)\}_{\text{fr}}$	Matrice des statuts de données en chauffage et en refroidissement : 1 : valeurs de ValCOP(i,j) et ValPabs(i,j) certifiées, 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{\text{ch}}$ $\{\text{EER}(i,j)\}_{\text{fr}}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval avant correction en chauffage et en refroidissement	{-}	0	$+\infty$	
$\{P_{\text{abs}}(i,j)\}_{\text{ch}}$ $\{P_{\text{abs}}(i,j)\}_{\text{fr}}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en chauffage et en refroidissement	{kW}	0	$+\infty$	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en chauffage et en refroidissement					
$\text{StatutCOP}_{\text{pivot_ch}}$ $\text{StatutCOP}_{\text{pivot_fr}}$	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en chauffage et en froid : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	
$\text{COP}_{\text{pivot_ch}}$ $\text{COP}_{\text{pivot_fr}}$	Valeur pivot déclarée des machines lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage et en refroidissement.	-	0	$+\infty$	
$P_{\text{abs_pivot_ch}}$ $P_{\text{abs_pivot_fr}}$	Valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en chauffage et en refroidissement.	kW	0	$+\infty$	
Saisie des performances certifiées ou justifiées en production ECS					
$\{\text{StatutCOP}(i,j)\}_{\text{ecs}}$	Matrice des statuts de données en production ECS : 1 : valeurs de ValCOP(i,j) et ValPabs(i,j) certifiées 2 : valeurs justifiées.	{Ent}	1	2	
$\{\text{COP}(i,j)\}_{\text{ecs}}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval avant correction en production ECS	{-}	0	$+\infty$	
$\{P_{\text{abs}}(i,j)\}_{\text{ecs}}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval en production ECS	{kW}	0	$+\infty$	
Saisie des performances déclarées ou par défaut en production ECS					
$\text{StatutCOP}_{\text{pivot_ecs}}$	Statut des valeurs pivots ValCOP_pivot et ValPabs_pivot en production ECS : 1 : valeurs déclarées 2 : valeur par défaut	Ent	1	2	
$\text{COP}_{\text{pivot_ecs}}$	Valeur pivot déclarée des machines en mode ECS lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	-	0	$+\infty$	
$P_{\text{abs_pivot_ecs}}$	Valeur pivot déclarée de puissance lorsqu'il n'y a pas de performance certifiée ou justifiée en production ECS.	kW	0	$+\infty$	
Limites de fonctionnement de la machine dans l'ensemble des modes					
$\text{Lim}_{\theta_{\text{ch}}}$ $\text{Lim}_{\theta_{\text{ecs}}}$ $\text{Lim}_{\theta_{\text{fr}}}$	Existence de limites de fonctionnement pour le mode considéré : 0 = pas de limite 1= limite sur l'une ou l'autre des températures de source 2 = limite sur l'une et l'autre des températures de source	Ent	0	2	

$\theta_{max_av_ch}$ $\theta_{max_av_ecs}$	Température maximale aval en mode chauffage, refroidissement ou ECS au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	0	100	
$\theta_{min_av_fr}$	Température minimale aval en mode refroidissement en-dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	0	100	
$\theta_{min_am_ch}$ $\theta_{min_am_ecs}$	Température minimale amont en mode chauffage ou ECS en dessous de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	-50	100	
$\theta_{max_am_fr}$	Température maximale amont en mode refroidissement au-delà de laquelle la machine ne peut pas fonctionner	°C	0	100	
Fonctionnement à charge partielle en chauffage et en refroidissement					
$Statut_fonct_part_ch$ $Statut_fonct_part_fr$	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 1 : déclarée 2 : par défaut	Ent	1	2	
$Fonc_compr_ch$ $Fonc_compr_fr$	Modes de fonctionnement du compresseur : 1 : Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycles marche arrêt 2 Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur	Ent	1	2	
$Statut_fonct_continu_ch$ $Statut_fonct_continu_fr$	Statut de la saisie du point caractéristique du mode continu (« <i>contin</i> ») : 0 : certifiée 1 : justifiée 2 : par défaut	Ent	0	2	
$Ccp_{LR_{contmin_ch}}$ $Ccp_{LR_{contmin_fr}}$	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à $LR_{contmin}$	Réel	0	1	
$LR_{contmin_ch}$ $LR_{contmin_fr}$	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	$+\infty$	
D_{eq_ch} D_{eq_fr}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	0.5
D_{fou0_ch} D_{fou0_fr}	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	
Puissance d'auxiliaires de la machine en mode chauffage/en mode refroidissement					
$Statut_Taux_ch$ $Statut_Taux_fr$	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire de la machine : 0 : certifiée 1 : justifiée 2 : par défaut	Ent	0	2	
$Taux_ch$ $Taux_fr$	Part de la puissance électrique des auxiliaires ramenée à la puissance nominale absorbée en mode chauffage/refroidissement	Réel	0	1	
Préprocesseur : composition des matrices de performance					
$\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$ $\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{fr}$	Coefficient de passage de $Pabs(\theta_{aval} = \theta_i)$ à $Pabs(\theta_{aval} = \theta_j)$, pour θ_{amont} fixée dans l'ensemble des modes.	Réel			Voir selon technologie
$\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$ $\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}_{fr}$	Coefficient de passage de $Pabs(\theta_{am} = \theta_i)$ à $Pabs(\theta_{am} = \theta_j)$, pour θ_{aval} fixée dans l'ensemble des modes.	Réel			
$\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$ $\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{fr}$	Coefficient de passage de $COP(\theta_{aval} = \theta_i)$ à $COP(\theta_{aval} = \theta_j)$, pour θ_{amont} fixée dans l'ensemble des modes.	Réel			
$\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ch}$ $\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{ecs}$ $\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}_{fr}$	Coefficient de passage de $COP(\theta_{am} = \theta_i)$ à $COP(\theta_{am} = \theta_j)$, pour θ_{aval} fixée dans l'ensemble des modes.	Réel			

Paramètres d'intégration du composant						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
R_{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-		
$ModeToneAquaAir$	Typologie du système T.One® AquaAIR 0 : Sans refroidissement 1 : Avec refroidissement	Ent	0	1		
Sorties						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
Q_{fou}	Energie totale effectivement fournie par le générateur pour le mode sollicité.	Wh				
Q_{cons}	Consommation horaire du générateur en énergie finale.	Wh				
Q_{rest}	Energie restant à fournir (dépassant la puissance maximale du générateur) pour le mode sollicité.	Wh				
$\{Q_{ceff}(fonct.,en.)\}$	Consommation en énergie finale du générateur, présenté sous forme de matrice {fonction ; type d'énergie}. Les lignes correspondent aux différents postes (6), les colonnes aux différentes sources d'énergie (6).	Wh				
η_{eff}	Efficacité effective du générateur pour le mode sollicité.	Réel				
T_{charge}	Taux de charge du générateur pour le mode sollicité.	Réel				
Φ_{rejet}	Rejet du générateur thermodynamique au pas de temps h (valeur positive en refroidissement).	Wh				
P_{abs_pc}	Puissance absorbée à pleine charge aux conditions non nominales	W				
Variables internes						
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.	
$\{COP_{util}(i,j)\}$	Matrice des performances (COP) selon les températures amont et aval après remplissage complet et corrections associées aux statuts de données	{-}				
COP_{pc} COP_{LR}	COP utile à pleine charge et à charge réelle	-				
COP_{pc_net} $COP_{LRcontminnet}$ COP_{LR_net}	COP utile à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle, sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités	-				
P_{fou_pc} $P_{fou_LRcontmint}$ P_{fou_LR}	Puissance fournie par une machine à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle	W				
P_{abs_pc} P_{abs_LR}	Puissance absorbée par une machine à pleine charge et à charge réelle	W				
P_{comp_PC} $P_{comp_LRcontmint}$ P_{comp_LR}	Puissance appelée par le compresseur à pleine charge, à charge minimale du fonctionnement continu et à charge réelle.	W				
$P_{fou_pc_brut}$	Puissance maximale que peut fournir le générateur avec prise en compte des limites de fonctionnement.	W				
$P_{aux_commune}$	Puissance d'auxiliaires déterminée sur la base du Taux_ch et de la puissance absorbée nominale en chauffage.	W				
P_{aux}	Puissance effective appelée par les auxiliaires pour le mode considéré	W				

P_{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W			
$CcplR_{contmin_net}$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-			
Q_{reqact}	Energie requise ramenée une machine parmi les R_{dim} identiques	W			
Id_ECS_seule	Indicateur de production ECS seule	Bool			
$Idengen$	Identificateur de l'énergie principale : Electricité : 50	Ent	10	69	50
$Idfluide_aval_1$	Nature du fluide aval 1 : 2 : air	Ent	-	-	
$Idfluide_aval_2$	Nature du fluide aval 2 : 1 : eau	Ent	-	-	
$Idfluide_amont$	Nature de la source amont : 2 : air	Ent	-	-	
$Q_{restact}$	Energie restant à fournir à la fin du pas de temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant, pour un générateur.	Wh			
$R_{froid-ECS}$	Ratio de basculement entre le froid et l'ECS (en minutes)	min	0	60	4
$R_{chaud-ECS}$	Ratio de basculement entre le chaud et l'ECS (en minutes)	min	0	60	3
$R_{ECS-chaud}$	Ratio de basculement entre l'ECS et le chaud (en minutes)	min	0	60	3
$R_{ECS-froid}$	Ratio de basculement entre l'ECS et le froid (en minutes)	min	0	60	4
$R_{fonctecs}$	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure).	Réel			
Constantes					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$COP_{util_max_ch}$ $COP_{util_max_ecs}$	Valeurs maximales de COP pivot pour les PAC en statut déclaré. Intervient aussi pour la valeur par défaut.		Voir selon technologie.		

Tableau 1 : Nomenclature des variables du modèle

3.2 PRECISION SUR LES STATUTS DE DONNEES

Pour les coefficients de performance (COP) saisis par l'utilisateur (par mode de fonctionnement), les différents statuts de données associées sont les suivants :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation, sur la base des normes de caractérisation précisées en 1.3.3.

Aucune correction de la valeur de COP n'est appliquée : $COP_{util}=COP$.

- **justifiée** : la valeur utilisée dans le calcul est mesurée au cours d'un essai réalisé par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation sur la base des normes de caractérisation précisées en 1.3.3.

La valeur de COP utilisée dans le calcul, COP_{util} , est égale à : $COP_{util}=0.9 \times COP$.

- **déclarée** : la valeur pivot est déclarée par le fabricant du produit.

Seule la valeur pivot du COP est renseignée et $COP_{pivot_util} = \text{MIN} [0,8 \times COP_{pivot}; COP_{util_max}]$.

- **par défaut** : aucune information disponible.

Seule la valeur pivot du COP est renseignée et $COP_{pivot_util} = 0,8 \times COP_{util_max}$.

Les différents statuts pour les paramètres $Taux$, $LR_{contmin}$ et $CcpLR_{contmin}$ (pour les différents modes de fonctionnement) sont les suivants :

- **certifiée** : la valeur est certifiée par un organisme indépendant accrédité selon la norme NF EN 45011 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. La valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur certifiée.
- **justifiée** : la valeur est justifiée par un essai effectué par un laboratoire indépendant et accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 par le COFRAC ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de la coordination européenne des organismes d'accréditation. La valeur utilisée dans le calcul est égale à la valeur déterminée dans le paragraphe 3.4.2 selon le mode chauffage et dans le paragraphe 3.5.2 pour le mode refroidissement.
- **Par défaut** : la valeur n'est ni justifiée ni certifiée. Les valeurs sont déterminées selon le paragraphe 3.4.2 pour le mode chauffage et dans le paragraphe 3.5.2 pour le mode refroidissement.

3.3 NORMES D'ESSAI

La norme d'essai utilisée pour le fonctionnement en mode chauffage et refroidissement sera la **NF EN 14511-2**. La norme d'essai utilisée pour le fonctionnement en mode production d'ECS sera la **NF EN 16147**. Les données de performance ECS pourront être obtenues via l'outil IdCET à partir d'essais selon cette norme NF EN 16147.

3.4 SYSTEME EN MODE CHAUFFAGE/ECS

Dès lors que $ModeToneAquaAir = 0$, seul ce mode de fonctionnement est admis.

3.4.1 DESCRIPTION DES PERFORMANCES A PLEINE CHARGE

Les données à pleine charge (COP et Pabs) sont décrites avec les mêmes hypothèses que celles des PAC à compression électrique de chauffage et de production ECS (chapitre « 10.21 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE). Les performances en chauffage du système sont décrites selon le modèle de matrice suivant (PAC air extérieur/air recyclé). Les valeurs « pivot » à fournir systématiquement sont les valeurs pour Tamont = 7 ; Taval = 20 (en jaune dans le tableau) :

		Tamont						
		Tam >		-15	-7	2	7	20
Taval	priorité	Désignation	5	2	3	1	4	
5	5	P. abs (kW)						
		COP						
10	4	P. abs (kW)						
		COP						
15	2	P. abs (kW)						
		COP						
20	1	P. abs (kW)						
		COP						
25	3	P. abs (kW)						
		COP						

Les performances en ECS du système sont décrites selon le modèle de matrice suivant (PAC air extérieur/eau). Les valeurs « pivot » à fournir systématiquement sont les valeurs pour Tamont = 7 ; Taval = 45 (en jaune dans le tableau) :

		Tamont						
		Tam >		-7	2	7	20	35
Taval	priorité	Désignation	4	2	1	3	5	
5	7	P. abs (kW)						
		COP						
15	5	P. abs (kW)						
		COP						
25	3	P. abs (kW)						
		COP						
35	2	P. abs (kW)						
		COP						
45	1	P. abs (kW)						
		COP						
55	4	P. abs (kW)						
		COP						
65	6	P. abs (kW)						
		COP						

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source $\{\theta_{aval}(i)\}$ et $\{\theta_{amont}(j)\}$, les coefficients $\{C_{nnav_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnam_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$, $\{C_{nnav_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ et $\{C_{nnam_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$ de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de $COP_{util_max_ch}$ et $COP_{util_max_ecs}$ des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Chauffage** : voir méthode Th-BCE, paragraphe « 10.21.3.3.2 PAC air extérieur / air recyclé » page 728 à 730.
- **Production ECS** : voir méthode Th-BCE, paragraphe « 10.21.3.4.1 PAC air extérieur/eau » page 747 à 750.
- **Rappel des valeurs de COP pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} COP_{util_max_ch} &= 3,5 \\ COP_{util_max_ECS} &= 2,7 \end{aligned} \quad (1)$$

3.4.2 DESCRIPTION DES PERFORMANCES A CHARGE PARTIELLE

Les performances à charge partielle ne sont décrites qu'une fois pour les deux postes. Elles sont identiques à celle d'un générateur monoposte de chauffage. La puissance d'auxiliaire de la machine n'est renseignée qu'une seule fois pour les deux postes.

Voir méthode Th-BCE, paragraphes « 10.21.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle » pages 784 à 787, et « 10.21.3.6.2.1 : Valeurs déclarées et par défaut » page 789.

Le processus de paramétrage du fonctionnement à charge partielle ou nulle est décrit ci-après :

Si le paramètre $Statut_fonct_part_ch$ est fixé à 0 (par défaut) alors :

$$\begin{aligned} Ccp_{LRcontmin_ch} &= 1 \\ LR_{contmin_ch} &= 1 \end{aligned} \quad (2)$$

Si le paramètre $Statut_fonct_part_ch$ est fixé à 1 (déclaré) alors :

Si $Fonc_compr_ch = 2$, alors :

$$\begin{aligned} Ccp_{LRcontmin_ch} &= 1 \\ LR_{contmin_ch} &= 1 \end{aligned} \quad (3)$$

Si $Fonc_compr_ch = 1$, alors :

Si $Statut_fonct_continu_ch = 0$ (certifié), alors les paramètres $Ccp_{LRcontmin_ch}$ et $LR_{contmin_ch}$ sont saisis sans correction.

Si $Statut_fonct_continu_ch = 1$ (justifié), alors les paramètres $Ccp_{LRcontmin_ch}$ et $LR_{contmin_ch}$ sont saisis avec la correction suivante :

$$\begin{aligned} Ccp_{LRcontmin_ch} &= 0.9 \times Ccp_{LRcontmin_ch} \\ LR_{contmin_ch} &= LR_{contmin_ch} + 0.05 \end{aligned} \quad (4)$$

Si $Statut_fonct_continu_ch = 2$ (par défaut), alors :

$$\begin{aligned} Ccp_{LRcontmin_ch} &= 1 \\ LR_{contmin_ch} &= 0.4 \end{aligned} \quad (5)$$

La durée équivalente liée aux irréversibilités Deq_ch est fixée à 0.5 minutes.

La durée de fonctionnement à charge tendant vers une charge nulle est fixée à 2 minutes (avec un émetteur à air).

Si $Statut_Taux_ch = 0$ (par défaut), alors $Taux_ch = 0.02$.

Si $Statut_Taux_ch = 1$ (justifié), alors le paramètre $Taux_ch$ est saisi avec la correction suivante :
 $Taux_ch = 1.1 \times Taux_ch$.

Si $Statut_Taux_ch = 2$ (certifié), alors le paramètre $Taux_ch$ est saisi sans correction.

Le paramètre « $Taux_ch$ » est utilisé en début de simulation afin de calculer la puissance d'auxiliaires de la PAC par rapport à la puissance absorbée à pleine charge en chauffage au point pivot :

$$P_{aux_commune} = Taux_ch \times P_{abs_pivot_ch} \quad [W] \quad (6)$$

3.4.3 ALGORITHME HORAIRE DE PRISE EN COMPTE DU GÉNÉRATEUR

Comme pour le modèle de PAC double-service « Chauffage/ECS » (Arrêté du 17 avril 2015 abrogeant et remplaçant l'arrêté du 5 mars 2013 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système pompe à chaleur double service dans la réglementation thermique 2012), le mode ECS est prioritaire sur le mode chauffage. C'est pourquoi, le générateur ne fournit pas d'énergie en chauffage tant que le besoin en eau chaude sanitaire n'est pas couvert complètement.

Lorsque qu'il n'y a pas de besoin de chauffage, le mode chauffage n'est pas utilisé et le comportement de la machine est alors modélisé uniquement par l'algorithme en mode ECS.

La méthode Th-BCE (« 10.15 C_Gen_Gestion/régulation de la génération ») prévoit un double appel séquentiel des générateurs double-service. Il suffit alors de distinguer deux sous-algorithmes pour décrire les performances de la machine :

- **Sous-algorithme du mode ECS** : le processus est celui décrit au chapitre « 10.21.3.4 Fonctionnement à pleine charge en conditions non-nominales en mode ECS ». La machine fonctionne à pleine charge pour répondre au besoin ECS, le paragraphe sur le fonctionnement à charge partielle ou nulle de la méthode Th-BCE n'intervient pas dans cet algorithme.
- **Sous-algorithme du mode chauffage** : le processus est celui décrit aux chapitres « 10.21.3.3 Fonctionnement à pleine charge en conditions non-nominales en mode chauffage » et « 10.21.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle » du chapitre « 10.21 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE. Un coefficient R_{puis_dispo} permet de définir les puissances maximales fournies et absorbées à chaque pas de temps en prenant en compte le temps de fonctionnement ECS.

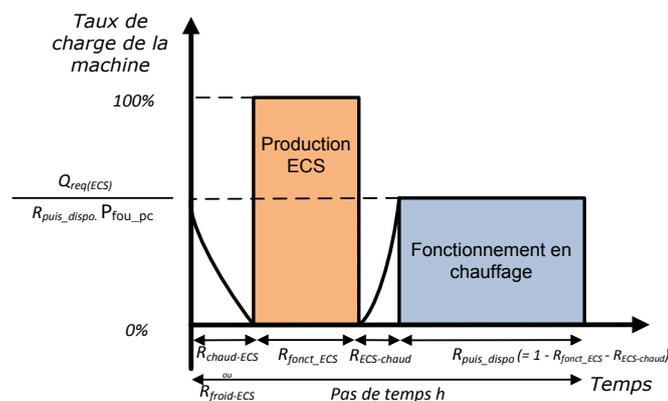


Figure 2: Sous-décomposition d'un pas de temps en double-service

On appliquera l'algorithme suivant en mode de fonctionnement ECS/chauffage :

Au début du pas de temps, $id_{fonction} = 3$: la machine est en mode de fonctionnement ECS.

On a :

$$Q_{req_act} = \frac{Q_{req(ecs)}}{R_{dim}} \quad (7)$$

Ensuite a lieu un test sur le dépassement des limites de fonctionnement ou charge nulle :

Si $Lim_{\theta_{ECS}} = 1$ et $\theta_{amont} < \theta_{min_am_ECS}$ **ou** $\theta_{aval(ecs)} > \theta_{max_av_ECS}$: *la machine ne peut fonctionner à cause de l'une des températures de sources*

OU

si $Lim_{\theta_{ECS}} = 2$ et $\theta_{amont} < \theta_{min_am_ECS}$ **et** $\theta_{aval(ecs)} > \theta_{max_av_ECS}$: *la machine ne peut fonctionner à cause des deux températures de sources simultanément atteintes*

OU

si $Q_{req_act} = 0$,

Alors la machine est non-sollicitée en ECS.

Si $id_{ECS_seule} = 1$, alors on est en période de mi-saison ou en été, la machine n'est pas sollicitée en ECS et les variables suivantes prennent les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} COP_{LR} &= 0 \\ LR &= 0 \\ P_{abs_LR} &= P_{aux_commune} \\ P_{fou_LR} &= 0 \\ Q_{rest_act} &= Q_{req_act} \end{aligned} \quad (8)$$

Si $id_{ECS_seule} = 0$, alors on est en période de chauffage, la machine n'est pas sollicitée en ECS et les variables suivantes prennent les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} COP_{LR} &= 0 \\ LR &= 0 \\ P_{abs_LR} &= 0 \\ P_{fou_LR} &= 0 \\ Q_{rest_act} &= Q_{req_act} \end{aligned} \quad (9)$$

Sinon, la machine est sollicitée en ECS et il faut calculer ses performances en fonctionnement.

D'abord à pleine charge en ECS pour $\theta_{aval(ecs)}$ et θ_{amont} :

$$\begin{aligned} COP_{util_pc} &= ValCOP(\theta_{aval(ecs)}, \theta_{amont}) \\ P_{abs_pc} &= ValPabs(\theta_{aval(ecs)}, \theta_{amont}) \\ P_{fou_pc} &= COP_{util_pc} \times P_{abs_pc} \end{aligned} \quad (10)$$

Les fonctions $ValPabs(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ et $ValCOP(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ utilisées permettent d'obtenir les performances à pleine charge dans des conditions données à partir des matrices définies en paramètres (voir 10.21.3.3.1.1.3 page 724/725 de la méthode Th-BCE).

Puis à charge partielle :

$$\begin{aligned}
 P_{fou_LR} &= MIN(Q_{req_act}, P_{fou_pc}) \\
 Q_{rest_act} &= Q_{req_act} - P_{fou_LR} \\
 LR &= P_{fou_LR} / P_{fou_pc} \\
 P_{comp_pc} &= P_{abs_pc} - P_{aux_ECS} \\
 P_{comp_LR} &= LR \times P_{comp_pc} \\
 P_{compma_LR} &= 0
 \end{aligned} \tag{11}$$

Ensuite, on finalise le calcul des performances en ECS et on calcule la consommation d'auxiliaire :

$$\begin{aligned}
 COP_{LR} &= \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}} \\
 P_{abs_LR} &= P_{comp_LR} + P_{aux} + P_{compma_LR} \\
 P_{aux} &= LR \times P_{aux_commune} + id_{ECS_seule} \times (1 - LR) \times P_{aux_commune}
 \end{aligned} \tag{12}$$

Enfin, on calcule l'ensemble des données de sortie de l'appel de la PAC en base ECS :

$$\begin{aligned}
 Q_{cons} &= R_{dim} \times P_{abs_LR} \\
 Q_{cef}[ECS;elec] &= Q_{cons} \\
 Q_{fou} &= R_{dim} \times P_{fou_LR} \\
 \tau_{charge} &= LR \\
 \eta_{eff_ECS} &= COP_{LR} \\
 Q_{rest} &= R_{dim} \times Q_{rest_act} \\
 R_{fonct_ECS} &= LR \\
 \Phi_{rejet} &= MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - Q_{fou}) \\
 R_{puis_dispo} &= 1 - \frac{R_{fonct_ECS} + R_{ECS_chaud}}{60}
 \end{aligned}$$

Si $R_{puis_dispo}(h-1) > 0$, alors :

Si la machine a été sollicitée en chaud, on affecte au temps de fonctionnement de la machine un temps de latence correspondant :

$$R_{puis_dispo} = 1 - \frac{R_{chaud_ECS} + R_{fonct_ECS} + R_{ECS_chaud}}{60} \tag{14}$$

Si la machine a été sollicitée en froid, on affecte au temps de fonctionnement de la machine un temps de latence correspondant :

$$R_{puis_dispo} = 1 - \frac{R_{froid_ECS} + R_{fonct_ECS} + R_{ECS_chaud}}{60} \tag{15}$$

A la fin du pas de temps, $id_{fonction} = I$: la machine est en mode de fonctionnement chauffage.

On a :

$$Q_{req_act} = \frac{Q_{req(ch)}}{R_{dim}} \quad (16)$$

Ensuite a lieu un test sur le dépassement des limites de fonctionnement ou charge nulle.

Si $Lim_th = 1$ et $\theta_{amont} < \theta_{min_am_ch}$ **ou** $\theta_{aval(ch)} > \theta_{max_av_ch}$: la machine ne peut fonctionner à cause de l'une des températures de sources

ou

si $Lim_th = 2$ et $\theta_{amont} < \theta_{min_am_ch}$ **et** $\theta_{aval(ch)} > \theta_{max_av_ch}$: la machine ne peut fonctionner à cause des deux températures de sources simultanément atteintes

ou

si $Q_{req_act} = 0$

ou

si $R_{puis_dispo} = 0$.

Alors la machine n'est pas sollicitée en chauffage et les variables suivantes prennent les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} COP_{LR} &= 0 \\ LR &= 0 \\ P_{abs_LR} &= R_{puis_dispo} \times P_{aux_commune} \\ P_{fou_LR} &= 0 \\ Q_{rest_act} &= Q_{req_act} \end{aligned}$$

Sinon, la machine est sollicitée et on calcule ses performances en fonctionnement.

D'abord à pleine charge en chauffage pour $\theta_{aval(ch)}$ et θ_{amont} :

$$\begin{aligned} COP_{util_pc} &= ValCOP(\theta_{aval(ch)}; \theta_{amont}) \\ P_{abs_pc} &= R_{puis_dispo} \times ValPabs(\theta_{aval(ch)}; \theta_{amont}) \\ P_{fou_pc} &= COP_{pc} \times P_{abs_pc} \end{aligned} \quad (18)$$

Il faut calculer ensuite les performances « net » aux points particuliers :

$$\begin{aligned} P_{comp_pc} &= P_{abs_pc} - P_{aux} \\ Ccp_{LRcontmin_net} &= \frac{LR_{contmin} \times P_{comp_pc} \times Ccp_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \times P_{abs_pc} - Ccp_{LRcontmin} \times P_{aux}} \\ COP_{pc_net} &= \frac{P_{fou_pc}}{P_{comp_pc}} \\ COP_{LRcontmin_net} &= COP_{pc_net} \times Ccp_{LRcontmin_net} \end{aligned} \quad (19)$$

Des pré-calculs à charge partielles permettent d'obtenir :

$$\begin{aligned} P_{fou_LR} &= \text{Min}(Q_{req_act} ; P_{fou_pc}) \\ P_{fou_LRcontmin} &= LR_{contmin} \times P_{fou_pc} \\ LR &= P_{fou_LR} / P_{fou_pc} \\ LR_{cycl} &= P_{fou_LR} / P_{fou_LRcontmin} \end{aligned} \quad (20)$$

Si ($Fonc_compr = 1$: *Fonctionnement en mode continu ou en cycle M/A du compresseur*), et si $P_{fou_LR} \geq P_{fou_LRcontmin}$, on réalise le calcul des performances en fonctionnement continu à charge partielle :

$$\begin{aligned} COP_{LR_net} &= COP_{PC_net} \times \left(1 + (CCP_{LRcontmin_net} - 1) \times \frac{1 - LR}{1 - LR_{contmin}} \right) \\ P_{abs_LR} &= \frac{P_{fou_LR}}{COP_{LR_net}} \\ P_{compma_LR} &= 0 \end{aligned} \quad (21)$$

Si $Fonc_compr = 2$: (*Fonctionnement en cycle M/A du compresseur*)

ou

si $Fonc_compr = 1$ (*Fonctionnement en mode continu ou en cycle M/A du compresseur*) et si, $P_{fou_LR} < P_{fou_LRcontmin}$, on réalise le calcul des performances en fonctionnement M/A à charge partielle :

$$\begin{aligned} P_{comp_LRcontmin} &= \frac{P_{fou_LRcontmin}}{COP_{LRcontmin_net}} \\ P_{comp_LR} &= P_{comp_LRcontmin} \times \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR}{LR_{contmin}} \right) \\ P_{compma_LR} &= P_{comp_LRcontmin} \times \frac{D_{eq} \times LR_{cycl} \times (1 - LR_{cycl})}{D_{fou0}} \end{aligned} \quad (22)$$

Ensuite, on finalise le calcul des performances en ECS et on calcule la consommation d'auxiliaire :

$$\begin{aligned} COP_{LR} &= \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}} \\ P_{abs_LR} &= P_{comp_LR} + P_{aux} + P_{compma_LR} \\ P_{aux} &= R_{puis_dispo} \times P_{aux_commune} \end{aligned} \quad (23)$$

Enfin, on calcule l'ensemble des données de sortie :

$$\begin{aligned}Q_{cons} &= R_{dim} \times P_{abs_LR} \\Q_{cef[ch;elec]} &= Q_{cons} \\Q_{fou} &= R_{dim} \times P_{fou_LR} \\\tau_{charge} &= LR \\\eta_{eff_ch} &= COP_{LR} \\Q_{rest} &= R_{dim} \times Q_{rest_act} \\\Phi_{rejet} &= MIN(0; P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - Q_{fou})\end{aligned}$$

Les fonctions $ValPabs(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ et $ValCOP(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ utilisées permettent d'obtenir les performances à pleine charge dans des conditions données à partir des matrices définies en paramètres (voir 10.21.3.3.2.1.3 page 729 de la méthode Th-BCE).

3.5 SYSTEME EN MODE REFROIDISSEMENT/ECS

3.5.1 DESCRIPTION DES PERFORMANCES A PLEINE CHARGE

Les données à pleine charge (COP et Pabs) sont décrites avec les mêmes hypothèses que celles des PAC à compression électrique de chauffage, de production ECS et de refroidissement.

Les performances en ECS sont les mêmes que dans le paragraphe 3.4.1. Les performances en refroidissement du système sont décrites selon le modèle de matrice suivant (PAC air extérieur/air recyclé). Les valeurs « pivot » à fournir systématiquement sont les valeurs pour Tamont = 35 ; Taval = 27 (en jaune dans le tableau) :

		Tamont					
		Tam >	5	15	25	35	45
Taval	priorité	Désignation	4	3	2	1	5
22	2	P. abs (kW)					
		EER					
27	1	P. abs (kW)					
		EER					
32	3	P. abs (kW)					
		EER					
37	4	P. abs (kW)					
		EER					

Pour les points de fonctionnement, définis en fonction des températures de source {θaval(i)} et {θamont(j)}, les coefficients {Cnav_Pabs(θi, θj)}, {Cnam_Pabs(θi, θj)}, {Cnav_COP(θi, θj)} et {Cnam_COP(θi, θj)} de remplissage par défaut des matrices de performances, ainsi que les valeurs de COPutil_max_ch et COPutil_max_ecs des différentes technologies, on se réfère à la méthode Th-BCE :

- **Refroidissement** : voir méthode Th-BCE, paragraphe « 10.21.3.5.2 Refroidisseurs air extérieur / air recyclé » page 768 à 770.
- **Production ECS** : voir méthode Th-BCE, paragraphe « 10.21.3.4.1 Pac air extérieur/eau » page 747 à 750.
- **Rappel des valeurs pivot « Val_util_max » :**

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{util_max_fr}} &= 2,7 \\ \text{COP}_{\text{util_max_ECS}} &= 2,7 \end{aligned} \quad (25)$$

3.5.2 DESCRIPTION DES PERFORMANCES A CHARGE PARTIELLE

Les performances à charge partielle ne sont décrites qu'une fois pour les deux postes. Elles sont identiques à celles d'un générateur monoposte de refroidissement. La puissance d'auxiliaire de la machine n'est renseignée qu'une seule fois pour les deux postes.

Voir paragraphes « 10.21.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle » pages 784 à 787, et « 10.21.3.6.2.1 : Valeurs déclarées et par défaut » page 789.

Le processus de paramétrage du fonctionnement à charge partielle ou nulle est décrit ci-après :

Si le paramètre *Statut_fonct_part_ch* est fixé à 0 (par défaut) alors :

$$\begin{aligned} \text{Ccp}_{\text{LRcontmin_ch}} &= 1 \\ \text{LR}_{\text{contmin_ch}} &= 1 \end{aligned} \quad (26)$$

Si le paramètre *Statut_fonct_part_ch* est fixé à 1 (déclaré) alors :

Si *Fonc_compr_ch* = 2, alors :

$$\begin{aligned} \text{Ccp}_{\text{LRcontmin_ch}} &= 1 \\ \text{LR}_{\text{contmin_ch}} &= 1 \end{aligned} \quad (27)$$

Si *Fonc_compr_ch* = 1, alors :

Si $Statut_{fonct_continu_ch} = 0$ (certifié), alors les paramètres $Ccp_{LRcontmin_ch}$ et $LR_{contmin_ch}$ sont saisis sans correction.

Si $Statut_{fonct_continu_ch} = 1$ (justifié), alors les paramètres $Ccp_{LRcontmin_ch}$ et $LR_{contmin_ch}$ sont saisis avec la correction suivante :

$$\begin{aligned} Ccp_{LRcontmin_ch} &= 0.9 \times Ccp_{LRcontmin_ch} \\ LR_{contmin_ch} &= LR_{contmin_ch} + 0.05 \end{aligned} \quad (28)$$

Si $Statut_{fonct_continu_ch} = 2$ (par défaut), alors :

$$\begin{aligned} Ccp_{LRcontmin_ch} &= 1 \\ LR_{contmin_ch} &= 0.4 \end{aligned} \quad (29)$$

La durée équivalente liée aux irréversibilités Deq_ch est fixée à 0.5 minutes.

La durée de fonctionnement à charge tendant vers une charge nulle est fixée à 2 minutes (avec un émetteur à air).

Si $Statut_Taux_fr = 0$ (par défaut), alors $Taux_fr = 0.02$.

Si $Statut_Taux_fr = 1$ (justifié), alors le paramètre $Taux_fr$ est saisi avec la correction suivante :
 $Taux_fr = 1.1 \times Taux_fr$.

Si $Statut_Taux_fr = 2$ (certifié), alors le paramètre $Taux_fr$ est saisi sans correction.

Le paramètre « $Taux_fr$ » est utilisé afin de calculer la puissance d'auxiliaires de la PAC en début de simulation par rapport à la puissance absorbée à pleine charge en chauffage au point pivot :

$$P_{aux_commune} = Taux_fr \times P_{abs_pivot_fr} [W] \quad (30)$$

3.5.3 ALGORITHME HORAIRE DE PRISE EN COMPTE DU GÉNÉRATEUR

Dans la méthode Th-BCE, le fonctionnement en mode refroidissement est prioritaire sur le fonctionnement en mode ECS. Cela signifie que tant que le besoin en refroidissement n'est pas couvert entièrement, le générateur ne fournit pas d'énergie en ECS. Cependant, afin de valoriser le fonctionnement à charge partielle en mode refroidissement, l'ordre de priorité a été inversé : l'ECS devient prioritaire par rapport au refroidissement.

Lorsque qu'il n'y a pas de besoin de refroidissement, le mode refroidissement n'est pas utilisé et le comportement de la machine est alors modélisé uniquement par l'algorithme en mode ECS.

La méthode Th-BCE (« 10.15 C_Gen_Gestion/régulation de la génération ») prévoit un double appel séquentiel des générateurs double-service. Il suffit alors de distinguer deux sous-algorithmes pour décrire les performances de la machine :

- **Sous-algorithme du mode ECS** : le processus est celui décrit au chapitre « 10.21.3.4 Fonctionnement à pleine charge en conditions non-nominales en mode ECS ». Etant donnée la machine fonctionne à pleine charge pour répondre au besoin ECS, la modélisation ne fait pas intervenir le paragraphe sur le fonctionnement à charge partielle ou nulle de la méthode Th-BCE.
- **Sous-algorithme du mode refroidissement** : le processus est celui décrit aux chapitres « 10.21.3.5 Fonctionnement à pleine charge en conditions non-nominales en mode refroidissement » et « 10.21.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle » du chapitre « 10.21 C_Gen_Thermodynamique électrique » de la méthode Th-BCE. De même que pour le double service chauffage/ECS, un coefficient R_{puis_dispo} permet de définir les puissances maximales fournies et absorbées en prenant en compte le temps de fonctionnement ECS. Ce coefficient prend également en compte le basculement permettant de passer du mode ECS au mode refroidissement : $R_{ECS-froid}$.

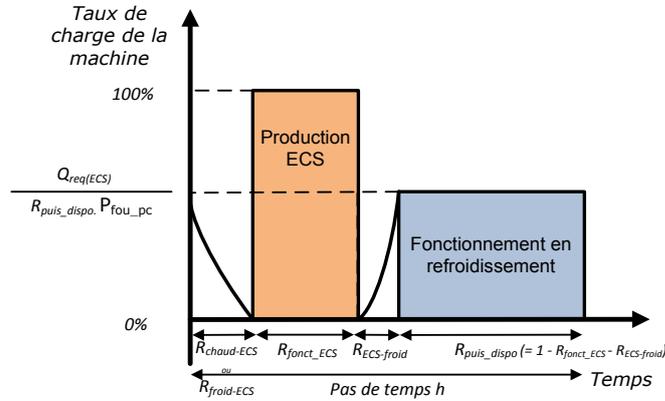


Figure 3: sous-décomposition d'un pas de temps en froid/ECS

Ces deux sous-algorithmes sont détaillés ci-dessous.

Au début du pas de temps, $id_{fonction} = 3$: la machine est en mode de fonctionnement ECS.

On a :

$$Q_{req_act} = \frac{Q_{req(ecs)}}{R_{dim}} \quad (31)$$

Ensuite a lieu un test sur le dépassement des limites de fonctionnement ou charge nulle.

Si $Lim_theta_ECS = 1$ et $\theta_{amont} < \theta_{min_am_ECS}$ ou $\theta_{aval(ecs)} > \theta_{max_av_ECS}$: la machine ne peut fonctionner à cause de l'une des températures de sources

ou

si $Lim_theta_ECS = 2$ et $\theta_{amont} < \theta_{min_am_ECS}$ et $\theta_{aval(ecs)} > \theta_{max_av_ECS}$: la machine ne peut fonctionner à cause des deux températures de sources simultanément atteintes

ou encore

si $Q_{req_act} = 0$,

Alors la machine n'est pas sollicitée en ECS ;

Si $id_{ECS_seule} = 1$, alors on est en période de mi-saison ou en été, la machine n'est pas sollicitée en ECS et les variables suivantes prennent les valeurs suivantes :

$$COP_{LR} = 0$$

$$LR = 0$$

$$P_{abs_LR} = P_{aux_commune}$$

$$P_{fou_LR} = 0$$

$$Q_{rest_act} = Q_{req_act}$$

Si $id_{ECS_seule} = 0$, alors on est en période de chauffage, la machine n'est pas sollicitée en ECS et les variables suivantes prennent les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} COP_{LR} &= 0 \\ LR &= 0 \\ P_{abs_LR} &= 0 \\ P_{fou_LR} &= 0 \\ Q_{rest_act} &= Q_{req_act} \end{aligned}$$

Sinon, la machine est sollicitée en ECS et il faut calculer ses performances en fonctionnement.

D'abord à pleine charge en ECS pour $\theta_{aval(ecs)}$ et θ_{amont} :

$$\begin{aligned} COP_{util_pc} &= ValCOP(\theta_{aval(ecs)}, \theta_{amont}) \\ P_{abs_pc} &= ValPabs(\theta_{aval(ecs)}, \theta_{amont}) \\ P_{fou_pc} &= COP_{util_pc} \times P_{abs_pc} \end{aligned} \quad (34)$$

Les fonctions $ValPabs(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ et $ValCOP(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ utilisées permettent d'obtenir les performances à pleine charge dans des conditions données à partir des matrices définies en paramètres (voir 10.21.3.3.1.1.3 page 724/725 de la méthode Th-BCE).

Puis à charge partielle :

$$\begin{aligned} P_{fou_LR} &= MIN(Q_{req_act}, P_{fou_pc}) \\ Q_{rest_act} &= Q_{req_act} - P_{fou_LR} \\ LR &= P_{fou_LR} / P_{fou_pc} \\ P_{comp_pc} &= P_{abs_pc} - P_{aux_ECS} \\ P_{comp_LR} &= LR \times P_{comp_pc} \\ P_{compma_LR} &= 0 \end{aligned} \quad (35)$$

Ensuite, on finalise le calcul des performances en ECS et on calcule la consommation d'auxiliaire :

$$\begin{aligned} COP_{LR} &= \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}} \\ P_{abs_LR} &= P_{comp_LR} + P_{aux} + P_{compma_LR} \\ P_{aux} &= LR \times P_{aux_commune} + id_{ECS_seule} \times (1 - LR) \times P_{aux_commune} \end{aligned} \quad (36)$$

Enfin, on calcule l'ensemble des données de sortie de l'appel de la PAC en base ECS :

$$\begin{aligned}
 Q_{cons} &= R_{dim} \times P_{abs_LR} \\
 Q_{cef[ECS\acute{e}lec]} &= Q_{cons} \\
 Q_{fou} &= R_{dim} \times P_{fou_LR} \\
 \tau_{charge} &= LR \\
 \eta_{eff_ECS} &= COP_{LR} \\
 Q_{rest} &= R_{dim} \times Q_{rest_act} \\
 R_{fonct_ECS} &= LR \\
 \Phi_{rejet} &= MIN(0, P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - Q_{fou}) \\
 R_{puis_dispo} &= 1 - \frac{R_{fonct_ECS} + R_{ECS-froid}}{60}
 \end{aligned}$$

Si $R_{puis_dispo}(h-1) > 0$, alors :

Si la machine a été sollicitée en chaud, on affecte au temps de fonctionnement de la machine un temps de latence correspondant :

$$R_{puis_dispo} = 1 - \frac{R_{chaud_ECS} + R_{fonct_ECS} + R_{ECS_chaud}}{60} \quad (38)$$

Si la machine a été sollicitée en froid, on affecte au temps de fonctionnement de la machine un temps de latence correspondant :

$$R_{puis_dispo} = 1 - \frac{R_{froid_ECS} + R_{fonct_ECS} + R_{ECS_chaud}}{60} \quad (39)$$

A la fin du pas de temps, $id_{fonction} = 2$: la machine est en mode de fonctionnement refroidissement.

On a :

$$Q_{req_act} = \frac{Q_{req(fr)}}{R_{dim}} \quad (40)$$

Ensuite a lieu un test sur le dépassement des limites de fonctionnement, charge nulle ou puissance disponible nulle.

Si $Lim_theta_fr = 1$ et $\theta_{aval} < \theta_{min_av_fr}$ ou $\theta_{amon(fr)} > \theta_{max_am_fr}$: la machine ne peut fonctionner à cause de l'une des températures de sources

ou

si $Lim_theta_fr = 2$ et $\theta_{aval} < \theta_{min_av_fr}$ et $\theta_{amon(fr)} > \theta_{max_am_fr}$: la machine ne peut fonctionner à cause des deux températures de sources simultanément atteintes

ou

si $Q_{req_act} = 0$

ou

si $R_{puis_dispo} = 0$

Alors la machine n'est pas sollicitée en refroidissement et les variables suivantes prennent les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} COP_{LR} &= 0 \\ LR &= 0 \\ P_{abs_LR} &= R_{puis_dispo} \times P_{aux_commune} \\ P_{fou_LR} &= 0 \\ Q_{rest_act} &= Q_{req_act} \end{aligned}$$

Sinon, la machine est sollicitée en refroidissement, et on calcule ses performances en fonctionnement.

D'abord à pleine charge en refroidissement pour $\theta_{aval(fr)}$ et θ_{amont} :

$$\begin{aligned} COP_{util_pc} &= ValCOP(\theta_{aval(fr)}, \theta_{amont}) \\ P_{abs_pc} &= R_{puis_dispo} \times ValPabs(\theta_{aval(fr)}, \theta_{amont}) \\ P_{fou_pc} &= COP_{util_pc} \times P_{abs_pc} \end{aligned} \quad (42)$$

Puis le calcul des performances « net » aux points particuliers :

$$\begin{aligned} P_{comp_pc} &= P_{abs_pc} - P_{aux} \\ Ccp_{LRcontmin_net} &= \frac{LR_{contmin} \times P_{comp_pc} \times Ccp_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \times P_{abs_pc} - Ccp_{LRcontmin} \times P_{aux}} \\ COP_{pc_net} &= \frac{P_{fou_pc}}{P_{comp_pc}} \\ COP_{LRcontmin_net} &= COP_{pc_net} \times Ccp_{LRcontmin_net} \end{aligned} \quad (43)$$

Des pré-calculs à charge partielles permettent d'obtenir :

$$\begin{aligned} P_{fou_LR} &= \text{Min}(Q_{req_act} ; P_{fou_pc}) \\ P_{fou_LRcontmin} &= LR_{contmin} \times P_{fou_pc} \\ LR &= P_{fou_LR} / P_{fou_pc} \\ LR_{cycl} &= P_{fou_LR} / P_{fou_LRcontmin} \end{aligned} \quad (44)$$

Si ($Fonc_compr = 1$: Fonctionnement en mode continu ou en cycle M/A du compresseur) et si $P_{fou_LR} \geq P_{fou_LRcontmin}$, on réalise le calcul des performances en fonctionnement continu à charge partielle :

$$\begin{aligned} COP_{LR_net} &= COP_{PC_net} \times \left(1 + (Ccp_{LRcontmin_net} - 1) \times \frac{1 - LR}{1 - LR_{contmin}} \right) \\ P_{abs_LR} &= \frac{P_{fou_LR}}{COP_{LR_net}} \\ P_{compma_LR} &= 0 \end{aligned} \quad (45)$$

Si $Fonc_compr = 1$: (Fonctionnement en cycle M/A du compresseur)

ou

si $Fonc_compr = 1$ (Fonctionnement en mode continu ou en cycle M/A du compresseur) et si,

$P_{fou_LR} < P_{fou_LRcontmin}$, on réalise le calcul des performances en fonctionnement M/A à charge partielle :

$$P_{comp_LRcontmin} = \frac{P_{fou_LRcontmin}}{COP_{LRcontmin_net}}$$

$$P_{comp_LR} = P_{comp_LRcontmin} \times \left(1 - \frac{LR_{contmin} - LR}{LR_{contmin}} \right) \quad (46)$$

$$P_{compma_LR} = P_{comp_LRcontmin} \times \frac{D_{eq} \times LR_{cycl} \times (1 - LR_{cycl})}{D_{fou0}}$$

Ensuite, on finalise le calcul des performances en refroidissement et on calcule la consommation d'auxiliaire :

$$COP_{LR} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}}$$

$$P_{abs_LR} = P_{comp_LR} + P_{aux} + P_{compma_LR} \quad (47)$$

$$P_{aux} = R_{puis_dispo} \times P_{aux_commune}$$

Enfin, on calcule l'ensemble des données de sortie :

$$Q_{cons} = R_{dim} \times P_{abs_LR}$$

$$Q_{cef[fr,elec]} = Q_{cons}$$

$$Q_{fou} = R_{dim} \times P_{fou_LR}$$

$$\tau_{charge} = LR \quad (48)$$

$$\eta_{eff_fr} = COP_{LR}$$

$$Q_{rest} = R_{dim} \times Q_{rest_act}$$

$$\Phi_{rejet} = MIN(0, P_{comp_LR} + P_{compma_LR} - Q_{fou})$$

Les fonctions $ValPabs(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ et $ValCOP(\theta_{aval}, \theta_{amont})$ utilisées permettent d'obtenir les performances à pleine charge dans des conditions données à partir des matrices définies en paramètres (voir 10.21.3.5.2.1.3 page 769 de la méthode Th-BCE).