

AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DU LOGEMENT
ET DE L'HABITAT DURABLE

Arrêté du 27 février 2017 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des systèmes « PAC NIBE F730 » et « PAC NIBE F750 » dans la réglementation thermique 2012 (JORF n° 0056 du 7 mars 2017)

NOR : LHAL1701688A

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 systèmes « PAC NIBE F730 » et « PAC NIBE F750 » dans la réglementation thermique (procédure dite « Titre V »).

Entrée en vigueur : le texte entre en vigueur le lendemain de sa publication.

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

La ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer, chargée des relations internationales sur le climat, et la ministre du logement et de l'habitat durable,

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 systèmes « PAC NIBE F730 » et « PAC NIBE F750 » 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 (1) 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 27 février 2017.

*La ministre du logement
et de l'habitat durable,*
Pour la ministre et par délégation :
*Le sous-directeur de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*
E. ACCHIARDI

*La ministre de l'environnement,
de l'énergie et de la mer,
chargée des relations internationales
sur le climat,*
Pour la ministre 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

(1) L'annexe du présent arrêté sera publiée aux *Bulletin officiel* du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer et du ministère du logement et de l'habitat durable.

ANNEXE

MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DES SYSTÈMES « PAC NIBE F 730 » ET « PAC NIBE F 750 » DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

1. Définition du système

Dans la suite de cette annexe, le terme « PAC » désigne les pompes à chaleur.

Au sens du présent arrêté, les systèmes « PAC F730 » et « PAC F750 » de NIBE sont des systèmes thermodynamiques air extrait-air extérieur/eau de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, pouvant utiliser un mélange d'air extrait par la ventilation mécanique contrôlée simple flux, et d'air extérieur.

Les PAC F730 et F750 peuvent fonctionner selon deux modes différents :

- A partir de l'air extrait seul de la ventilation mécanique contrôlée Simple Flux ;
- A partir d'un mélange d'air extrait et d'air extérieur.

Les modèles F730 et F750 qui entrent dans le cadre de ce Titre V ont le même circuit réfrigérant, mais comportent les différences suivantes :

- Une vanne trois voies pour la PAC F730 contre deux vannes trois voies pour la PAC F750 ;
- Un ballon tampon pour la PAC F750 qui n'est pas présent pour la F730.

Ces deux pompes à chaleur sont modélisées de la même manière au sein de l'extension dynamique. Le chauffage du bâtiment se fait par vecteur eau. Les émetteurs associés peuvent être des planchers ou plafonds chauffants de forte inertie intégrés au bâti et les radiateurs ou planchers chauffants d'inertie moyenne.

La régulation sur l'air extérieur se fait de la manière suivante :

- Pour une température d'air extérieur comprise entre -5 et 10°C, un débit d'air extérieur est ajouté à l'air extrait.
- Pour une température d'air extérieur inférieure à -5°C ou supérieure à 10°C, seul de l'air extrait est utilisé comme source amont.

2. Champs d'application

Ce Titre V système concerne les maisons individuelles dont la SHONRT est inférieure ou égale à 200 m². Pour des maisons individuelles dont la SHONRT est supérieure à 200 m², le système peut être utilisé avec un appoint : chaudière, réseau de chaleur ou effet joule (source ballon appoint).

Ce Titre V concerne le calcul réglementaire des consommations (coefficients Cep).

3. Méthode de prise en compte

La modélisation de ce système est faite par une extension dynamique, dont la méthode de prise en compte est explicitée ci-après, en 2 parties :

- la détermination de la température d'air en amont de la PAC et la consommation des auxiliaires amont, pour l'objet « source amont »
- la détermination des consommations d'électricité de la PAC pour la production de chauffage et d'ECS, pour l'objet « production/stockage ».

3.1 SOURCE AMONT

3.1.1 NOMENCLATURE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle.

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf.
Env. ext.	$\theta_{ext}(h)$	Température de l'air extérieur.	°C	-50	50	-
	$\omega_{ext}(h)$	Humidité spécifique de l'air extérieur	Kg/kg as	0	$+\infty$	-
	$id_{Mois}(j)$	Numéro du mois de l'année.	Entier	1	12	-
ET.	$\theta_{et}(h)$	Température de l'espace tampon associé à la source amont.	°C	-50	50	-
Ventil.	$T_{air_extrait}^s(h)$	Température de l'air repris après impact du ventilateur d'extraction du système de ventilation simple flux par extraction ou double flux.	°C	$-\infty$	$+\infty$	-
Générateurs	$T_{charge}^{gnr}(h)$	Taux de charge de la machine frigorifique au pas de temps h .	Réel	0	1	-
	$\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)$	Puissance rejetée au pas précédent pour le générateur : valeur négative en chauffage	W			
	$\rho_{i,g,prev}$	Masse volumique de l'air extrait du groupe g au pas de temps $h-1$	kg/m ³			
	$Qm_{air_extrait}$	Débit massique d'air extrait fourni à la PAC	kg/s			

Paramètres intrinsèques du composant						
	Nom	Description	Unité	Min	Max	Déf.
Générateur associé	P_{ngen}^{gnr}	Puissance fournie en fonctionnement nominal (100% de charge) du générateur gnr	W	0	$+\infty$	-
	id_{type}^{gnr}	Type du générateur associé à la source amont.	Ent	1	1000	-
	$id_{fluide-amont}$	Type de fluide amont du générateur : 1 : Eau 2 : Air 3 : Autre fluide.	Ent	1	3	-
	$id_{amont-air-type}$	Type de source amont air du générateur : 1 : Air extérieur, 3 : Air extrait. 4 : Mélange air extrait-air extérieur	Ent	1	4	-

$P_{vent_gainé}$	Partie de la puissance des ventilateurs correspondant aux pertes de charge des conduits dans le cas de machines sur air gainées, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.	°C	0	$+\infty$	-
$Id_SF_Extraction$	Lien vers la VMC Simple Flux Extraction dans l'interface logicielle.				
Qm^s_{total}	Débit massique total en amont de la PAC en mélange air extrait-air extérieur	Kg/s			

Variables internes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
T_{charge}	Taux de charge des machines frigorifiques	Réel	0	1	-
$\theta_{amont}(h)$	Température amont des générateurs	°C			0
$\varphi_{rejet}(h-1)$	Puissance rejetée totale par les générateurs connectés au pas précédent pour les systèmes sur : valeur négative en chauffage	W	$-\infty$	$+\infty$	-
$W_{aux,am}$	Consommations électrique des auxiliaires amonts	Wh	0	$+\infty$	-
$Rat_{phirejet}^{gnr}$	Ratio des puissances rejetées	-	0	1	-

Sorties

Nom	Description	Unité	Min	Max	Défaut
$\theta_{amont}^{gnr}(h)$	Température amont du générateur <i>gnr</i> , dans le cas des générateurs thermodynamiques.	°C			0
$W_{aux,am}^{gnr}$	Consommations électriques des auxiliaires amont d'un générateur <i>gnr</i> .	Wh	0	$+\infty$	-
T_{depart_amont}	Température du fluide (eau, eau glycolée) au départ de la machine vers la source amont	°C	0	$+\infty$	-

Constantes

Nom	Description	Unité	Min	Max	Valeur
C_v	Chaleur massique de la vapeur d'eau	J/kgK	-	-	1830
C_{pe}	Chaleur massique de l'eau	J/kgK	-	-	4180
ρ_{eau}	Masse volumique de l'eau	kg/m ³	-	-	1000
C_a	Chaleur massique de l'air	J/kgK	-	-	1006
H_{fg}	Chaleur latente de vaporisation de l'eau	J/kg	-	-	$25 \cdot 10^5$

Tableau 1 : Nomenclature du modèle

3.1.2 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

3.1.2.1 Calculs des ratios

3.1.2.1.1 Calcul des ratios de puissance nominale (une fois par simulation)

En début de simulation, on calcule les ratios de puissances nominales :

$$\forall gnr \text{ Rat}_{P_{ngen}}^{gnr} = \frac{P_{ngen}^{gnr}}{\sum_{gnr} P_{ngen}^{gnr}} \quad (\text{Wh}) \quad (1)$$

3.1.2.1.2 Calcul des ratios de puissance rejetée (à chaque pas de temps)

Si $\phi_{rejet}(h-1) \neq 0$, on calcule à chaque pas de temps les ratios suivants :

$$\forall gnr \text{ Rat}_{\phi_{rejet}}^{gnr} = \frac{\phi_{rejet}^{gnr}(h-1)}{\phi_{rejet}(h-1)} \quad (2)$$

3.1.2.2 Calcul de la puissance rejetée totale

$$\phi_{rejet}(h-1) = \sum_{gnr} \phi_{rejet}^{gnr}(h-1) \quad (3)$$

Le lien entre la VMC Simple Flux Extraction et la source amont se fait dans l'interface logicielle, en choisissant l'Id_SF_Extraction.

3.1.2.3 Calcul de la température amont

La première étape de modélisation des sources amont des générateurs thermodynamiques est le calcul de la température amont de fonctionnement. La source utilisée ici est un mélange air extrait-air extérieur.

3.1.2.3.1 Générateurs sur fluide amont mélange air extrait-air extérieur (idfluide-amontgnr=2)

3.1.2.3.1.1 Air extérieur ($id_{amont-air-type}^{gnr}=1$)

La température amont est celle de l'air extérieur :

$$\theta_{amont}(h) = \theta_{ext}(h) \quad (^\circ\text{C}) \quad (4)$$

3.1.2.3.1.2 Air extrait ($id_{amont-air-type}^{gnr}=3$)

La température amont est la température d'air extrait d'un ou plusieurs groupes du projet au travers d'un système de ventilation simple flux par extraction.

$$\theta_{amont}(h) = T_{air_extrait}^s(h) \quad (^\circ\text{C}) \quad (5)$$

3.1.2.3.1.3 Mélange air extrait-air extérieur ($id_{\text{amont-air-type}}^{gnr}=4$)

La température amont suivante est utilisée dans le cas où : $-5^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext}} < 10^{\circ}\text{C}$.

La température amont est la température de mélange air extrait et air extérieur.

La température de l'air extérieur est reprise de la météo conventionnelle.

La température d'air extrait est reprise de la méthode Th-BCE pour la source air extrait.

On a donc à chaque pas de temps :

$$\theta_{\text{amont}}(h) = ((T_{\text{air_extrait}}(h) \times Qm_{\text{air_extrait}}^s) + (\theta_{\text{ext}}(h) \times (Qm_{\text{total}}^s - Qm_{\text{air_extrait}}^s))) / Qm_{\text{total}}^s$$

$$\text{Avec } Qm_{\text{total}}^s = 0,0972 \times \rho_{i,g,prev}$$

La température amont suivante est utilisée dans le cas où : $\theta_{\text{ext}} < -5^{\circ}\text{C}$ et lorsque $\theta_{\text{ext}} > 10^{\circ}\text{C}$:

$$\theta_{\text{amont}}(h) = T_{\text{air_extrait}}(h) \quad (^{\circ}\text{C})$$

3.1.2.3.2 Calcul de la température amont par générateur

Elle est la même pour tous les générateurs connectés :

$$\forall gnr, \theta_{\text{amont}}^{gnr}(h) = \theta_{\text{amont}}(h) \quad (^{\circ}\text{C}) \quad (6)$$

3.1.2.4 Calcul de la consommation d'auxiliaires amonts

Le taux de charge est la moyenne pondérée des taux de charge des générateurs connectés :

$$\tau_{\text{charge}} = \sum_{gnr} \tau_{\text{charge}}^{gnr} \times Rat_{Pngen}^{gnr} \quad (7)$$

3.1.2.4.1 Générateurs sur fluide amont air ($id_{\text{fluide-amont}}^{gnr}=2$)

Les générateurs sur fluide amont air non gainés n'ont pas de consommations d'auxiliaires amont, celles-ci étant comprises dans la performance.

$$W_{\text{aux,am}} = 0 \quad (\text{Wh}) \quad (8)$$

Les générateurs sur fluide amont air gainés ont des consommations d'auxiliaires amont correspondant à la part de la puissance des ventilateurs pour vaincre les pertes de charge des conduits, la partie due aux pertes de charge des échangeurs étant comprise dans la performance.

$$W_{\text{aux,am}} = P_{\text{vent_gaine}} \times \tau_{\text{charge}} \quad (\text{Wh}) \quad (9)$$

$P_{\text{vent_gaine}}$ est une donnée à renseigner l'interface Maestro.

3.1.2.4.2 Calcul de la consommation des auxiliaires amont par générateur

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{rejet}}(h-1) \neq 0 &\Rightarrow \forall gnr, W_{\text{aux,am}}^{gnr} = W_{\text{aux,am}} \times Rat_{\text{Phirejet}}^{gnr} \\ \varphi_{\text{rejet}}(h-1) = 0 &\Rightarrow \forall gnr, W_{\text{aux,am}}^{gnr} = W_{\text{aux,am}} \times Rat_{Pngen}^{gnr} \end{aligned} \quad (10)$$

3.2 POMPES À CHALEUR AIR EXTÉRIEUR-AIR EXTRAIT / EAU

3.2.1 NOMENCLATURE

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

Dans toute la suite de la fiche, on notera h le pas de temps de simulation et j le jour de simulation.

Entrées du composant

Nom	Description	Unité
θ_{amont}	Température de la source amont (type air)	°C
θ_{aval}	Température de la source aval	°C
Q_{req}	Demande en énergie pour un poste donné calculé au niveau de la génération.	Wh
$\text{id}_{\text{fonction}}$	Mode de fonctionnement sollicité : 1 : <i>chauffage</i> 2 : <i>refroidissement</i>	Ent
$R_{\text{puis_dispo}}$	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible pour le chauffage.	Réel

Paramètres intrinsèques du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
$\text{id}_{\text{fougen}}$	Mode de fonctionnement admis par le générateur : <i>Chauffage: 1</i> <i>ECS : 3</i> <i>Chauffage et ECS : 4</i>	Ent			
Part_air_extrait	Part de l'air extrait dans le mélange air extrait-air extérieur	%	0	100	
$\text{Id}_{\text{fluide_aval}}$	Nature du fluide aval : 2 : <i>air</i>	Ent	1	2	
$\text{Id}_{\text{fluide_amont}}$	Nature de la source amont : 2 : <i>air</i>	Ent	1	3	
Syst_thermo_ch/fr	Technologie du générateur en chauffage/ refroidissement: 3: <i>PAC air extérieur/air recyclé</i>	Ent	1	-	
$\{\theta_{\text{aval}}(i)\}$	Liste des températures aval principales de la machine.	°C	-50	100	
$\{\theta_{\text{amont}}(j)\}$	Liste des températures amont principales de la machine.	°C	-50	100	
$N_{\theta_{\text{aval}}}$	Nombre de températures aval principales	Ent	1		
$N_{\theta_{\text{amont}}}$	Nombre de températures amont principales	Ent	1		

Saisie des performances

$\{COP(i,j)\}$	Matrice des performances en mode chauffage (COP)	{Réel}	0	$+\infty$
$\{P_{abs}(i,j)\}$	Matrice des puissances absorbées selon les températures amont et aval	{kW}	0	$+\infty$

Saisie des performances déclarées ou par défaut

StatutCOP _{pivot}	Statut des valeurs pivots : 0 : valeur certifiée 1 : valeur justifiée 2 : valeur déclarée	Ent	0	2	-
COP _{pivot}	Valeur du COP	-	0	$+\infty$	-
P _{abs_pivot}	Valeur pivot de puissance absorbée	kW	0	$+\infty$	-

Fonctionnement à charge partielle

Statut_fonct_part	Statut de la saisie des performances à charge partielle : 1 : déclarée 2 : par défaut	Ent	0	1	
Fonc_moteur	Mode de fonctionnement du moteur : 1 : Fonctionnement continu 2 : Fonctionnement en cycles marche arrêt du moteur	Ent	1	2	2
Statut_Fonctionnement_Ch	2 : déclaré 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
Statut_Taux_Ch	2 : déclaré 1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
Ccp _{LRcontmin}	Coefficient de correction de la performance pour un taux de charge égal à LR _{contmin} 2 : par défaut	Réel	0	2	
Statut_Ccp _{LRcontmin}	1 : justifié 0 : certifié	Ent	0	2	
LR _{contmin}	Taux minimal de charge en fonctionnement continu. (= 1 si machine tout ou rien)	Réel	0	1	
D _{eq}	Durée équivalente liée aux irréversibilités	Minutes	0	60	
Dfou0	Durée de fonctionnement à charge tendant vers zéro.	Minutes	0	60	
Puissance d'auxiliaires de la machine					
Statut_Paux0%	Statut de la saisie de la puissance d'auxiliaire à charge nulle 1 : déclarée 2 : par défaut	Ent	0	1	
Paux0%	Puissance électrique d'auxiliaire à charge nulle	W	0	$+\infty$	

Préprocesseur : composition des matrices de performance

$\{Cnn_{av_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs ($\theta_{aval} = \theta_j$) à Pabs($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel
$\{Cnn_{am_Pabs}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de Pabs($\theta_{am}=\theta_j$) à Pabs($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel
$\{Cnn_{av_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de COP ($\theta_{aval}=\theta_j$) à COP($\theta_{aval}=\theta_i$), pour θ_{amont} fixée.	Réel
$\{Cnn_{am_COP}(\theta_i, \theta_j)\}$	Coefficient de passage de COP ($\theta_{am}=\theta_j$) à COP($\theta_{am}=\theta_i$), pour θ_{aval} fixée.	Réel

Paramètres d'intégration du composant

Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv.
Typo_emetteur	Inertie du système de distribution en fonction des émetteurs en chauffage, en refroidissement et pour la production d'ECS : 3 : légère : VCV, plancher et plafond d'inertie faible, 4 : très légère: systèmes à air	Ent	1	5	
R _{dim}	Nombre de machines identiques.	Ent	1	-	

Sorties

Nom	Description	Unité
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

Variables internes

Nom	Description	Unité
LR _{cycl}	Taux de charge calculé par rapport à LR _{contmin} , lorsque le compresseur fonctionne en marche/arrêt.	-
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_{compma_LR}	Puissance appelée à cause des irréversibilités à charge réelle	W			
$C_{cpLRcontmin_net}$	Correction du COP « net » (sans prise en compte des auxiliaires ou des irréversibilités) pour le taux de charge $LR_{contmin}$.	-			
P_{comp}	puissance appelée par le compresseur	W	-	-	-
P_{cons}	puissance appelée par la machine	W	-	$+\infty$	-
P_{compma}	puissance appelée à cause des irréversibilités	W	-	$+\infty$	-
$cycl$	en indice signifie en fonctionnement discontinu (marche arrêt)				
Q_{req_act}	Puissance requise pour une machine	W	0	$+\infty$	-
Q_{rest_act}	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	0	$+\infty$	-
D_{fou0}	durée de fonctionnement à charge tendant vers 0	minutes	-	-	-
P_{aux}	Puissance appelée par les auxiliaires	W	-	$+\infty$	

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
C_{pa}	Chaleur massique de l'air	J.K ⁻¹ .kg ⁻¹	1006

Tableau 2 : Nomenclature du modèle

3.2.2 DESCRIPTION MATHÉMATIQUE

La modélisation du fonctionnement passe par deux étapes pour le chauffage et l'ECS :

- 1) Le fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales de sources,
- 2) Le fonctionnement à charge partielle ou nulle.

3.2.2.1 Traitements des paramètres

La première étape consiste, en amont du calcul annuel, à composer les matrices de performances de COP et Pabs en fonction des températures de sources à partir des statuts des différentes données utilisées.

La détermination du point pivot au débit d'air du projet, lorsque celui-ci n'est pas issu d'un essai, se fait par régression linéaire. A l'instar des Chauffe-Eau Thermodynamiques sur air extrait, si aucun essai de point pivot n'existe pour le débit d'air du projet, le point pivot à renseigner sera déduit par interpolation des points pivots à deux débits d'air encadrant le débit d'air du projet (cf. Fiche d'application : Saisie des chauffe-eau thermodynamiques à compression électrique, p.5/15) : « Pour les chauffe-eau thermodynamiques sur air extrait, les essais sont réalisés à minima à deux débits correspondant aux débits minimal et maximal de l'appareil. D'autres essais peuvent être réalisés à des débits intermédiaires. Les résultats obtenus par IdCET (UAS, COPpivot et Pabspivot) pour les deux essais aux débits encadrant le débit moyen réel du cas modélisé sont interpolés linéairement en fonction du débit d'air extrait pour obtenir les valeurs de UAS, COPpivot et Pabspivot correspondant au débit moyen réel du cas modélisé. »

3.2.2.1.1 Statuts de données des performances à pleine charge

Pour les coefficients de performances (COP) saisis par l'utilisateur, 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.

Aucune correction du ou des COP saisis n'est appliquée.

- **justifiée** : la valeur 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.

Une réduction de 10% du ou des COP saisis est appliquée.

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

Une réduction de 20% du COP pivot saisi est appliquée.

Les puissances absorbées en conditions non nominales à pleine charge peuvent résulter d'essais ou de valeurs par défaut.

- Valeurs résultant d'essais : Les valeurs prises en compte sont les valeurs résultant des essais, sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.
- Valeurs par défaut : On entre seulement la valeur Pivot sans modification. Les autres valeurs sont des valeurs par défaut.

Une valeur de puissance absorbée doit être saisie pour chaque valeur de COP saisie.

3.2.2.2 Lien avec la source amont

La PAC air extrait-air extérieur/eau se peut se connecter :

- Soit à la source amont air extrait quand seul l'air extrait est utilisé ($id_{\text{amont-air-type}^{\text{gnr}}}=3$)
- Soit à la source mélange air extrait-air extérieur, quand un débit d'air extérieur est ajouté à l'air extrait ($id_{\text{amont-air-type}^{\text{gnr}}}=4$), cf 3.1.

3.2.2.3 Performances à pleine charge en chauffage

On décrit les matrices de performance pour chaque paramètre à pleine charge suivant :

- COP, coefficient de performance,
- P_{abs} , puissance absorbée en énergie gaz,
- StatutCOP, statut de données des COP renseignés (1 : certifié ou 2 : justifié, déclaré : 3).

Dans chaque colonne (correspondant aux températures θ_{amont}) où au moins une valeur de COP est renseignée, les valeurs de COP doivent être renseignées aux mêmes températures θ_{aval} .

Pour une température θ_{amont} fixée, une valeur de COP à une température θ_{aval} ne peut être renseignée que si la valeur de COP pour la température θ_{aval} de priorité inférieure est également renseignée.

De même, pour une température θ_{aval} fixée, une valeur de COP à une température θ_{amont} ne peut être renseignée que si la valeur de COP pour la température θ_{amont} de priorité inférieure est également renseignée.

A chaque case de la matrice de COP saisie doit correspondre une case de la matrice de Pabs saisie.

Note : les températures aval sont assimilées à des températures moyennes départ/retour d'eau. Les températures amont sont les températures de bain dans lequel les couronnes de captage sont immergées au cours des essais de performance. La caractérisation des performances ne peut se faire qu'en suivant les ordres de priorités définis ci-dessus.

En fonction du statut des données, la valeur de COP, COP_{util} utilisée dans le calcul est définie dans le tableau suivant :

StatutCOP	Correction
Certifié(s)	$COP_{\text{util}}(i;j) = COP(i;j)$
Justifié(s)	$COP_{\text{util}}(i;j) = 0,9 \times COP(i;j)$
Déclaré (pivot seulement)	$COP_{\text{pivot_util}} = \text{MIN} [0,8 \times COP_{\text{pivot}} ; COP_{\text{utilmax}}(\text{ch})]$

Tableau 3: Statuts COP et correction

Concernant le statut « Déclaré », seule la valeur pivot peut être saisie.

3.2.2.3.1 COP et Pabs pivots

3.2.2.3.1.1 Mélange air extrait-air extérieur

Afin de prendre en compte la possibilité de rajouter un débit d'air extérieur à l'air extrait, permettant d'augmenter les performances de la PAC, une matrice hybride air extrait-air extérieur/eau est créée dans le moteur de calcul.

Cette matrice n'est utilisée que pour des températures extérieures comprises entre -5 et 10°C. Pour des températures extérieures inférieures à -5°C ou supérieures à 10°C, la matrice air extrait est utilisée.

Cette matrice est utilisée lorsque $-5^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext}} < 10^{\circ}\text{C}$.

Le point pivot de cette matrice se situe aux points : $\theta_{\text{amont}} = 15^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$.

		0	5	10	15	20	25
T_{aval} (eau) en $^{\circ}\text{C}$	Priorité	6	3	2	1	4	5
23,5	4						
32,5	1						
42,5	2						
51	3						
60	5						

Tableau 4 : Matrice de performance des générateurs thermodynamiques électriques air extrait-air extérieur/eau, mode chauffage, pleine charge, pour Text comprises entre -5°C et 10°C

Les valeurs utiles maximales de cette matrice sont les suivantes :

- $\text{COP}_{\text{utilmax}}(\text{ch}) = 2,8$ ($\theta_{\text{am}} = 15^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$)
- $\text{Pabs}_{\text{pivot}}(\text{ch}) = 1,3$ ($\theta_{\text{am}} = 15^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$)

3.2.2.3.1.2 Air extrait seul

Cette matrice peut être utilisée soit en mode air extrait seul, soit dans le cas d'un mélange d'air, lorsque les températures extérieures sont inférieures à -5°C ou supérieures à 10°C .

Le point pivot de cette matrice est celui de la PAC air extrait, à savoir pour les températures $\theta_{\text{amont}} = 20^{\circ}\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 32,5^{\circ}\text{C}$.

Cette matrice est utilisée lorsque $\theta_{\text{ext}} < -5^{\circ}\text{C}$ et lorsque $\theta_{\text{ext}} > 10^{\circ}\text{C}$.

		5	10	15	20	25
T_{aval} (eau) en $^{\circ}\text{C}$	Priorité	6	4	2	1	3
23,5	4					
32,5	1					
42,5	2					
51	3					
60	5					

Tableau 5 : Matrice de performance des générateurs thermodynamiques électriques air extrait/eau, mode chauffage, pleine charge

Les valeurs utiles maximales de cette matrice sont les suivantes :

- $\text{COP}_{\text{utilmax}}(\text{ch}) = 3,1$ ($\theta_{\text{am}} = 20^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$)
- $\text{Pabs}_{\text{pivot}}(\text{ch}) = 0,9$ ($\theta_{\text{am}} = 20^{\circ}\text{C}$; $\theta_{\text{av}} = 32,5^{\circ}\text{C}$)

3.2.2.3.2 Détermination des autres COP et Pabs de la matrice

3.2.2.3.2.1 Mélange air extrait-air extérieur

Les valeurs de la matrice en dehors du point pivot sont calculées par défaut selon les modalités suivantes.

- Pour la matrice air extrait-air extérieur/eau, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessous :

Températures aval : eau	Températures amont : mélange air extrait-air extérieur
32.5°C	15 °C
32.5°C et 42.5°C	15°C, 10°C
32.5°C, 42.5°C, 51°C	15°C, 10°C, 5°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	15°C, 10°C, 5°C, 20°C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C
	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C, 0°C

Tableau 6 : températures aux sources pour la matrice air extrait-air extérieur /eau

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de COP ou P_{abs} est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot.

La colonne contenant la valeur pivot est complétée en premier :

si $\{ValCOP(4,1)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,1)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnnav_COP(23.5, 32.5)$$

si $\{ValCOP(4,3)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,3)\} = \{ValCOP(4,2)\} * Cnnav_COP(42.5, 32.5)$$

si $\{ValCOP(4,4)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,4)\} = \{ValCOP(4,3)\} * Cnnav_COP(51, 42.5)$$

si $\{ValCOP(4,5)\} = 0$

$$\{ValCOP(4,5)\} = \{ValCOP(4,4)\} * Cnnav_COP(60, 51)$$

Les coefficients $Cnnav(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnnav_COP(42.5, 32.5) = 0,8$	$Cnnav_Pabs(42.5, 32.5) = 0,9$
	$Cnnav_COP(51, 42.5) = 0,8$	$Cnnav_Pabs(51, 42.5) = 0,915$
	$Cnnav_COP(23.5, 32.5) = 1,1$	$Cnnav_Pabs(23.5, 32.5) = 1,09$
	$Cnnav_COP(60, 51) = 0,8$	$Cnnav_Pabs(60, 51) = 0,91$

Tableau 7: valeurs de Cnnav en chauffage pour $\theta_{amont} = 20^\circ C$, mélange air extrait-air extérieur

Pour le remplissage des lignes, la démarche est la suivante :

Pour l_{ign} allant de 1 à $N\theta_{aval}$,

si $\{ValCOP(1,l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(1,l_{ign})\} = \{ValCOP(4,l_{ign})\} * Cnnav_COP(0, 15)$$

si $\{ValCOP(2, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(2, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnnam_COP(5, 15)$$

si $\{ValCOP(3, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(3, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnnam_COP(10, 15)$$

si $\{ValCOP(5, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(5, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnnam_COP(20, 15)$$

si $\{ValCOP(6, l_{ign})\} = 0$

$$\{ValCOP(6, l_{ign})\} = \{ValCOP(4, l_{ign})\} * Cnnam_COP(25, 15)$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	Cnnam_COP(0, 15)= 0,90	Cnnam_Pabs(0, 15)= 0,30
	Cnnam_COP(5, 15)= 0,93	Cnnam_Pabs(5, 15)= 0,53
	Cnnam_COP(10, 15)= 0,97	Cnnam_Pabs(10, 15)= 0,77
	Cnnam_COP(20, 15)= 1,03	Cnnam_Pabs(20, 15)= 1,22
	Cnnam_COP(25, 15)= 1,06	Cnnam_Pabs(25, 15)= 1,44

Tableau 8: valeurs de Cnnam en chauffage pour $\theta_{aval} = 32,5^{\circ}C$, mélange air extrait-air extérieur

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients $Cnnav_Pabs$ et $Cnnav_COP$.

3.2.2.3.2 Air extrait seul

Pour la matrice air extrait/eau, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval : eau	Températures amont : air extrait
32.5°C	20 °C
32.5°C et 42.5°C	20 °C, 15 °C
32.5°C, 42.5°C, 51°C	20 °C, 15 °C, 25 °C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C
23.5°C, 32.5°C, 42.5°C, 51°C, 60°C	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 5°C

Tableau 9 : températures aux sources

La construction des matrices à partir d'une ou plusieurs valeurs de COP ou P_{abs} est réalisée de la manière décrite ci-dessous.

On commence par remplir intégralement la colonne pivot, c'est-à-dire celle contenant la valeur pivot :

si $\{ValCOP(4, 1)\} = 0$

$$\{ValCOP(4, 1)\} = \{ValCOP(4, 2)\} * Cnnav_COP(23.5, 32.5)$$

si $\{ValCOP(4, 3)\} = 0$

$$\{ValCOP(4, 3)\} = \{ValCOP(4, 2)\} * Cnnav_COP(42.5, 32.5)$$

si $\{ValCOP(4, 4)\} = 0$

$$\{ValCOP(4, 4)\} = \{ValCOP(4, 3)\} * Cnnav_COP(51, 42.5)$$

si $\{ValCOP(4, 5)\} = 0$

$$\{ValCOP(4, 5)\} = \{ValCOP(4, 4)\} * Cnnav_COP(60, 51)$$

Les coefficients $C_{nav}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$C_{nav_COP}(42.5, 32.5) = 0,8$	$C_{nav_Pabs}(42.5, 32.5) = 0,9$
	$C_{nav_COP}(51, 42.5) = 0,8$	$C_{nav_Pabs}(51, 42.5) = 0,915$
	$C_{nav_COP}(23.5, 32.5) = 1,1$	$C_{nav_Pabs}(23.5, 32.5) = 1,09$
	$C_{nav_COP}(60, 51) = 0,8$	$C_{nav_Pabs}(60, 51) = 0,91$

Tableau 10: valeurs de Cnav en chauffage pour $\theta_{amont} = 20^{\circ}\text{C}$, air extrait

Pour le remplissage des lignes, la démarche est la suivante :

Pour l'ign allant de 1 à $N\theta_{aval}$,

si $\{ValCOP(1, l'ign)\} = 0$

$$\{ValCOP(1, l'ign)\} = \{ValCOP(4, l'ign)\} * C_{nam_COP}(5, 20)$$

si $\{ValCOP(2, l'ign)\} = 0$

$$\{ValCOP(2, l'ign)\} = \{ValCOP(4, l'ign)\} * C_{nam_COP}(10, 20)$$

si $\{ValCOP(3, l'ign)\} = 0$

$$\{ValCOP(3, l'ign)\} = \{ValCOP(4, l'ign)\} * C_{nam_COP}(15, 20)$$

si $\{ValCOP(5, l'ign)\} = 0$

$$\{ValCOP(5, l'ign)\} = \{ValCOP(4, l'ign)\} * C_{nam_COP}(25, 20)$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$C_{nam_COP}(5, 20) = 0,8$	$C_{nam_Pabs}(15, 20) = 0,89$
	$C_{nam_COP}(10, 20) = 0,84$	$C_{nam_Pabs}(10, 20) = 0,78$
	$C_{nam_COP}(15, 20) = 0,86$	$C_{nam_Pabs}(5, 20) = 0,67$
	$C_{nam_COP}(25, 20) = 1$	$C_{nam_Pabs}(25, 20) = 1,11$

Tableau 11: valeurs de Cnam en chauffage pour $\theta_{aval} = 32,5^{\circ}\text{C}$, air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients C_{nam_Pabs} et C_{nav_Pabs} .

3.2.2.3.3 Algorithme horaire de prise en compte du double service

Le fonctionnement en mode ECS est prioritaire sur le fonctionnement en mode chauffage. Tant que le besoin en eau chaude sanitaire n'est pas couvert entièrement, le générateur ne fournit pas d'énergie en chauffage.

Au pas de temps où le besoin en chauffage est nul, notamment hors saison de chauffage, le basculement en mode chauffage n'a pas lieu. 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 PAC DS : on décrit dans un premier temps complètement le fonctionnement en ECS du générateur, puis son fonctionnement en chauffage lors d'un second appel.

On distingue deux sous-algorithmes :

- **Sous-algorithme du mode ECS** : le processus est à rapprocher de celui du chapitre « 10.21.3.4 Fonctionnement à pleine charge en conditions non-nominales en mode ECS ». Etant donné 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 chauffage** : le processus est à rapprocher de celui des 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. Dans la mesure où le fonctionnement en chauffage peut intervenir après un fonctionnement en production ECS, on introduit à la manière des chaudières double service un coefficient $R_{\text{puis_dispo}}$. Il permet de définir les puissances maximales fournies et absorbées en prenant en compte le temps de fonctionnement ECS.

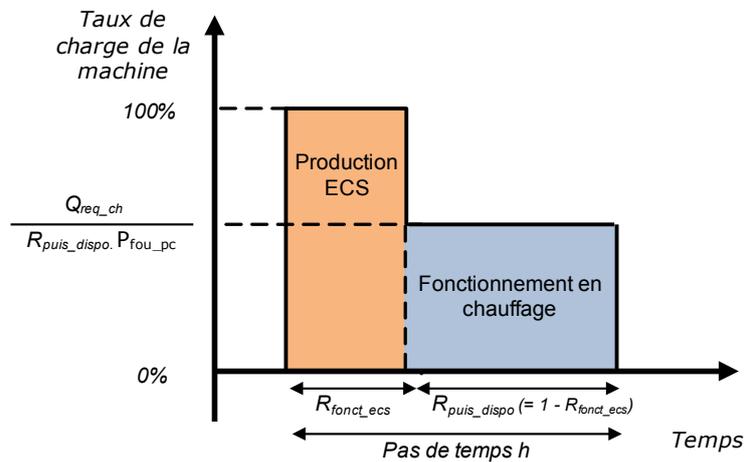


Figure 1: sous-décomposition d'un pas de temps en double service

3.2.2.4 Performances à pleine charge en ECS

3.2.2.4.1 COP et Pabs pivots

Comme pour l'usage du chauffage, en ECS il y a possibilité d'utiliser soit l'air extrait comme source amont soit un mélange air extrait-air extérieur.

3.2.2.4.1.1 Mélange air extrait-air extérieur

La matrice de performances en mélange air extrait-air extérieur/eau est la suivante :

		Tamont (air extrait-air extérieur)						
		Tam > 0	5	10	15	20	25	30
Taval	priorité	7	4	2	1	3	5	6
5	7							
15	5							
25	3							
35	2							
45	1							
55	4							
65	6							

Tableau 12 : Matrice de performance des machines air extrait-air extérieur / eau en ECS

Le point pivot de cette matrice se situe aux points : $\theta_{\text{amont}} = 15^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 45^\circ\text{C}$.

Pour les PAC F730 et F750 de NIBE, les valeurs pivots sont les suivantes :

- **COP_{utilimax}(ECS) = 2,46.**
- **Pabs_{pivot}(ECS) = 0,6**

Ces points pivots sont donnés à titre indicatif par NIBE.

3.2.2.4.1.2 Air extrait seul

La matrice de performances de la PAC air extrait/eau pour l'ECS est la suivante :

		Tamont (air extrait)						
		Tam >	5	10	15	20	25	30
Taval	priorité	6	4	2	1	3	5	
5	7							
15	5							
25	3							
35	2							
45	1							
55	4							
65	6							

Tableau 13 : Matrice de performance des systèmes thermodynamiques air extrait/eau en ECS

Le point pivot de cette matrice se situe aux points : $\theta_{\text{amont}} = 20^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{aval}} = 45^\circ\text{C}$.

Pour les PAC F730 et F750 de NIBE, les valeurs pivots sont les suivantes :

- **COP_{utilimax}(ECS) = 2,64**
- **Pabs_{pivot}(ECS) = 0,73**

Le point pivot est obtenu à partir de l'outil IDCET, qui permet de passer des essais de la norme NF EN 16147 aux données d'entrée de la RT2012.

3.2.2.4.2 Détermination des autres COP et Pabs de la matrice

3.2.2.4.2.1 Mélange air extrait-air extérieur

Pour la matrice air extrait-air extérieur/eau :

Les autres valeurs sont fournies par l'utilisateur ou calculées par défaut selon les modalités suivantes. Les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	15 °C
45°C, 35 °C,	15°C, 10°C
45°C, 35 °C, 25 °C,	15°C, 10°C, 5°C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,	15°C, 10°C, 5°C, 20°C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C,	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C, 30°C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65 °C, 5 °C	15°C, 10°C, 5°C, 20°C, 25°C, 30°C, 0°C

Tableau 14 : températures aux sources

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValECS(4,1)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,1)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(5, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,2)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,2)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(15, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,3)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,3)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(25, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,4)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,4)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(35, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,6)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,6)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(55, 45) \\ \text{si } \{ValECS(4,7)\} = 0 & \quad \{ValECS(4,7)\} = \{ValECS(4,5)\} * Cnnav_COP(65, 45) \end{aligned}$$

Les coefficients $Cnnav_{av}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$Cnnav_COP(35,45) = 1.2$	$Cnnav_Pabs(35,45) = 1.1$
	$Cnnav_COP(25,45) = 1.4$	$Cnnav_Pabs(25,45) = 1.2$
	$Cnnav_COP(55,45) = 0.8$	$Cnnav_Pabs(55,45) = 0.9$
	$Cnnav_COP(15,45) = 1.6$	$Cnnav_Pabs(15,45) = 1.3$
	$Cnnav_COP(65,45) = 0.6$	$Cnnav_Pabs(65,45) = 0.8$
	$Cnnav_COP(5,45) = 1.8$	$Cnnav_Pabs(5,45) = 1.40$

Tableau 15 : valeurs de Cnnav en ECS pour $\theta_{amont} = 15^{\circ}C$, mélange air extrait-air extérieur

2. Les lignes sont complétées :

Pour l'ign allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValECS(1, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(1, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cnnav_COP(0, 15) \\ \text{si } \{ValECS(2, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(2, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cnnav_COP(5, 15) \\ \text{si } \{ValECS(3, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(3, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cnnav_COP(10, 15) \\ \text{si } \{ValECS(5, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(5, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cnnav_COP(20, 15) \\ \text{si } \{ValECS(6, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(6, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cnnav_COP(25, 15) \\ \text{si } \{ValECS(7, l_{ign})\} = 0 & \quad \{ValECS(7, l_{ign})\} = \{ValECS(4, l_{ign})\} * Cnnav_COP(30, 15) \end{aligned}$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	Cnnam_COP(0, 15)= 0,9	Cnnam_Pabs(0, 15)= 0,3
	Cnnam_COP(5, 15)= 0,93	Cnnam_Pabs(5, 15)= 0,53
	Cnnam_COP(10, 15)= 0,97	Cnnam_Pabs(10, 15)= 0,77
	Cnnam_COP(20, 15)= 1,03	Cnnam_Pabs(20, 15)= 1,22
	Cnnam_COP(25, 15)= 1,06	Cnnam_Pabs(25, 15)= 1,44
	Cnnam_COP(30, 15)= 1,09	Cnnam_Pabs(30, 15)= 1,66

Tableau 16: valeurs de Cnnam en ECS pour $\theta_{\text{aval}} = 45^{\circ}\text{C}$, air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{\text{abs}}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients $Cnnam_{\text{Pabs}}$ et $Cnnav_{\text{Pabs}}$.

3.2.2.4.2 Air extrait seul

Pour la **matrice air extrait/eau**, les valeurs fournies doivent respecter l'ordre de priorité défini dans le tableau ci-dessus :

Températures aval	Températures amont
45°C	20 °C
45°C, 35 °C,	20 °C, 15 °C
45°C, 35 °C, 25 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65,	20 °C, 15 °C, 25 °C, 10 °C, 30 °C, 5 °C
45°C, 35 °C, 25 °C, 55 °C, 15 °C, 65, 5 °C	

Tableau 17 : températures aux sources

1. La colonne contenant la valeur pivot est complétée

si $\{\text{ValECS}(4,1)\} = 0$

$$\{\text{ValECS}(4,1)\} = \{\text{ValECS}(4,5)\} * Cnnav_{\text{COP}}(5, 45)$$

si $\{\text{ValECS}(4,2)\} = 0$

$$\{\text{ValECS}(4,2)\} = \{\text{ValECS}(4,5)\} * Cnnav_{\text{COP}}(15, 45)$$

si $\{\text{ValECS}(4,3)\} = 0$

$$\{\text{ValECS}(4,3)\} = \{\text{ValECS}(4,5)\} * Cnnav_{\text{COP}}(25, 45)$$

si $\{\text{ValECS}(4,4)\} = 0$

$$\{\text{ValECS}(4,4)\} = \{\text{ValECS}(4,5)\} * Cnnav_{\text{COP}}(35, 45)$$

si $\{\text{ValECS}(4,6)\} = 0$

$$\{\text{ValECS}(4,6)\} = \{\text{ValECS}(4,5)\} * Cnnav_{\text{COP}}(55, 45)$$

si $\{\text{ValECS}(4,7)\} = 0$

$$\{\text{ValECS}(4,7)\} = \{\text{ValECS}(4,5)\} * Cnnav_{\text{COP}}(65, 45)$$

Les coefficients $C_{nav}(Y,X)$ utilisés pour passer de la valeur à la température aval X à celle à la température aval Y sont les suivantes :

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$C_{nav_COP}(35,45) = 1.2$	$C_{nav_Pabs}(35,45) = 1.1$
	$C_{nav_COP}(25,45) = 1.4$	$C_{nav_Pabs}(25,45) = 1.2$
	$C_{nav_COP}(55,45) = 0.8$	$C_{nav_Pabs}(55,45) = 0.9$
	$C_{nav_COP}(15,45) = 1.6$	$C_{nav_Pabs}(15,45) = 1.3$
	$C_{nav_COP}(65,45) = 0.6$	$C_{nav_Pabs}(65,45) = 0.8$
	$C_{nav_COP}(5,45) = 1.8$	$C_{nav_Pabs}(5,45) = 1.4$

Tableau 18 : valeurs de C_{nav} en ECS pour $\theta_{amont} = 20^{\circ}\text{C}$, air extrait

2. Les lignes sont complétées

Pour l allant de 1 à $N_{\theta_{aval}}$,

$$\begin{aligned} \text{si } \{ValECS(1,l)ign\} = 0 & \quad \{ValECS(1,l)ign\} = \{ValECS(4,l)ign\} * C_{nam_COP}(5, 20) \\ \text{si } \{ValECS(2,l)ign\} = 0 & \quad \{ValECS(2,l)ign\} = \{ValECS(4,l)ign\} * C_{nam_COP}(10, 20) \\ \text{si } \{ValECS(3,l)ign\} = 0 & \quad \{ValECS(3,l)ign\} = \{ValECS(4,l)ign\} * C_{nam_COP}(15, 20) \\ \text{si } \{ValECS(5,l)ign\} = 0 & \quad \{ValECS(5,l)ign\} = \{ValECS(4,l)ign\} * C_{nam_COP}(25, 20) \\ \text{si } \{ValECS(6,l)ign\} = 0 & \quad \{ValECS(6,l)ign\} = \{ValECS(4,l)ign\} * C_{nam_COP}(30, 20) \end{aligned}$$

	COP	Pabs
Valeur des Cnn	$C_{nam_COP}(5, 20) = 0,8$	$C_{nam_Pabs}(5, 20) = 0.67$
	$C_{nam_COP}(10,20) = 0,84$	$C_{nam_Pabs}(10, 20) = 0.78$
	$C_{nam_COP}(15, 20) = 0,86$	$C_{nam_Pabs}(15, 20) = 0.89$
	$C_{nam_COP}(25, 20) = 1$	$C_{nam_Pabs}(25, 20) = 1.11$
	$C_{nam_COP}(30, 20) = 1$	$C_{nam_Pabs}(30, 20) = 1.22$

Tableau 19 : valeurs de C_{nam} en ECS pour $\theta_{aval} = 45^{\circ}\text{C}$, air extrait

La matrice des puissances absorbées $P_{abs}(i, j)$ est complétée de la même manière, à l'aide des coefficients C_{nam_Pabs} et C_{nav_Pabs} .

3.2.2.5 Fonctionnement à charge partielle en chauffage

Les PAC air extrait-air extérieur/eau peuvent moduler la puissance soit par des cycles marche/arrêt répétés soit par adaptation linéaire de la vitesse de moteur (valable uniquement au-dessus d'un certain taux de charge). On rapproche ainsi dans le principe la description des performances à charge partielle de celle des algorithmes des PAC à compression électrique et à absorption gaz de la méthode Th-BCE.

Pour les PAC F750/F730 NIBE : le fonctionnement du compresseur est uniquement en mode continu à partir d'un certain taux de charge: $Fonc_compr = 1$.

La consommation à charge partielle résulte des 3 phénomènes :

- 1) la consommation du compresseur lors de la phase de fonctionnement établi, P_{comp} ,
- 2) la consommation équivalente du compresseur résultant des irréversibilités lors des phases d'arrêt - démarrage,
- 3) la consommation des auxiliaires, P_{aux} .

3.2.2.5.1 Fonctionnement en mode continu du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement pour les machines à régulation de puissance variable ($Fonc_compr = 1$) :

$$P_{fou_LR} \geq P_{fou_pc} \cdot LR_{contmin}$$

Avec :

$$LR = \frac{P_{fou_LR}}{P_{fou_pc}}$$

$$P_{fou_LR} = \min\{ Q_{req_act} ; P_{fou_pc} \}$$

Sur la plage de fonctionnement continu du compresseur à puissance réduite, on a :

$$P_{abs} = P_{comp} + P_{aux}$$

Il convient de noter que P_{comp} est par nature nul ici.

Le COP et le EER, calculés sur la consommation du compresseur seul (hors auxiliaires), varient linéairement en fonction de la charge dans la plage de fonctionnement continu

En revanche, on caractérise les performances, le taux minimal de charge en fonctionnement continu, $LR_{contmin}$, et le coefficient de correction de la performance correspondant, $Ccp_{LRcontmin}$, pour l'ensemble moteur et auxiliaires. $LR_{contmin}$ et $Ccp_{LRcontmin}$ peuvent être obtenu par des essais.

En effet, du fait du mode de test on ne peut pas distinguer P_{comp} et P_{aux} .

Nota : de ce fait, P_{abs} ne varie pas linéairement avec LR.

On est donc amené à déterminer un COP_{net} ou un EER_{net} et un Ccp_{net} , c'est-à-dire hors auxiliaires. Alors Ccp_{net} varie linéairement sur la plage $LR_{contmin} ; 1$.

On présente la formulation en mode chauffage, elle est identique en mode refroidissement.

$COP_{pc_net} = \frac{COP_{pc} \cdot P_{fou_pc}}{P_{fou_pc} - COP_{pc} \cdot P_{aux}}$	(11)
$Ccp_{LRcontmin_net} = \frac{LR_{contmin} \cdot P_{comp_pc} \cdot Ccp_{LRcontmin}}{LR_{contmin} \cdot P_{abs_pc} - Ccp_{LRcontmin} \cdot P_{aux}}$	(12)

$P_{comp_pc} = P_{abs_pc} - P_{aux}$	
--	--

Envoyer un message d'alerte lorsque :

$$LR_{contmin} \cdot P_{abs_pc} < Ccp_{LRcontmin} \cdot P_{aux}$$

“les données de la machine thermodynamique entrées ne permettent pas un calcul correct et ne permettent pas de juger de la conformité réglementaire du projet.”

Pour un taux de charge situé entre $LR_{contmin}$ et 1:

$COP_{LR_net} = COP_{pc_net} \cdot \left(1 + [Ccp_{LRcontmin_net} - 1] \cdot \frac{1 - LR}{1 - LR_{contmin}} \right)$	(13)
---	------

$P_{comp_LR} = \frac{P_{fou_LR}}{COP_{LR_net}}$	(14)
--	------

$P_{abs_LR} = P_{comp_LR} + P_{aux}$	(15)
--	------

$COP_{_LR} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{abs_LR}}$	(16)
--	------

3.2.2.5.2 Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur

On rencontre ce type de fonctionnement :

- avec les machines à régulation de compresseur tout ou rien (Fonc_compr = 2) ($LR_{contmin} = 1$),
- avec les machines à régulation de puissance variable (Fonc_compr = 1), lorsque :

$$P_{fou_LR} < P_{fou_pc} \cdot LR_{contmin}$$

Avec :

$$LR_{cycl} = \frac{P_{fou_LR}}{P_{fou_pc} \cdot LR_{contmin}}$$

$$P_{fou_LR} = \min\{ Q_{req_act} ; P_{fou_pc} \}$$

Et

$$Q_{req_act} = \frac{Q_{req(h)}}{R_{dim}}$$

Le compresseur fonctionne en cycle marche arrêt.

En valeur moyenne sur une heure le fonctionnement est le suivant :

1. la puissance du compresseur, P_{comp_LR} , varie linéairement entre 0 pour $LR = 0$ et $P_{comp_LRcontmin}$ pour $LR = LR_{contmin}$,

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

avec :

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

(17)

2. la puissance liée aux irréversibilités, P_{compma} , est nulle à charge nulle et à charge $LR_{contmin}$.

A l'intérieur de cette plage, sa valeur est égale à :

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

(18)

D_{eq} est la durée équivalente liée aux irréversibilités, c'est une caractéristique de la machine.

D_{eq} peut être recalé sur des résultats d'essais à charge partielle en fonctionnement tout ou rien. Par défaut $D_{eq} = 0.5$ minute

D_{fou0} est la durée de fonctionnement à charge tendant vers 0. Elle correspond au temps nécessaire pour remonter le circuit de distribution en température quand il n'y a pas émission et que le compresseur fonctionne. Le tableau ci-dessous en donne les valeurs.

inertie	légère	Très légère
typologie	ventilo convecteurs; valeur par défaut pour la distribution à eau; plafonds chauffants ou rafraichissant d'inertie faible	systèmes à air;
D_{fou0} en min.	6	2
Typo_emetteur	3	4

Tableau 20 : Valeurs conventionnelle de D_{fou0} en minutes pour différents systèmes d'émission

On peut donc calculer la puissance pour chaque taux de charge :

$$P_{abs_LR} = P_{comp_LR} + P_{compma_LR}$$

(19)

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

(20)

Ainsi que le COP ou l'EER correspondant.

Nota 1 : dans le cas général, ni P_{abs} , ni COP (ni EER) ne sont linéaires. Si P_{compma} est négligeable, les pertes sont fonction linéaire de LR (et pas le COP).

3.2.2.5.3 Valeurs déclarées et par défaut

Type de fonctionnement :

1) valeur déclarée, à renseigner par l'utilisateur

Le fonctionnement est un fonctionnement en mode continu du compresseur.

Les statuts des valeurs utilisées pour paramétrer le fonctionnement continu en mode chauffage peuvent être :

Statut_Fonctionnement_Ch :

- 0) Valeur certifiée
- 1) Valeur justifiée (*0.9)
- 2) Valeur déclarée (*0.8)
- 3) Valeur par défaut

Les valeurs par défaut sont alors :

- o LRcontmin de calcul = 0.4
- o CcpLRcontmin de calcul = 1
- o Part de la puissance électrique des auxiliaires :
Paux/Pabs_nom de calcul = 0.02
- Deq de calcul = 0.5 mn

Pour Statut_Fonctionnement_Ch = 0), 1) ou 2), les valeurs à renseigner sont :

- CCP_{contmin} mesuré
 - LR_{contmin} mesuré
- Avec :
- o LR_{contmin} de calcul = LRcontmin mesuré + 0.05
 - o CcpLR_{contmin} de calcul = 0.9 CcpLRcontmin mesuré
 - o Taux = Paux/Pabs_nom : A renseigner directement et pouvant prendre différents statuts :
- Statut_Taux_Ch :
- 0) Valeur certifiée
 - 1) Valeur justifiée (*0.9)
 - 2) Valeur déclarée (*0.8)
- Deq de calcul A renseigner