

AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DU LOGEMENT,
ET DE L'HABITAT DURABLE

Arrêté du 14 juin 2016 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des systèmes de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique à accumulation disposant d'une régulation optimisée de l'appoint dans la réglementation thermique 2012 (JORF n°0150 du 29 juin 2016)

NOR : LHAL1611937A

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 de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique à accumulation disposant d'une régulation optimisée de l'appoint 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>).

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 de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique à accumulation disposant d'une régulation optimisée de l'appoint 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 dans l'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 14 juin 2016.

*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 au *Bulletin officiel* du ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer et du ministère du logement et de l'habitat durable.

A N N E X E

Modalités de prise en compte des systèmes de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique à accumulation disposant d'une régulation optimisée de l'appoint dans la réglementation thermique 2012

1/ Définition du système

Au sens du présent arrêté, les systèmes de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique à accumulation disposant d'une régulation optimisée sont composés :

- un ballon de stockage d'ECS à alimentation directe en eau froide, d'un volume maximal d'eau inférieur à 400 L,
- une pompe à chaleur ECS seule ou double service (chauffage et ECS) en générateur principal de production ECS. Cette pompe à chaleur peut être munie ou non d'une programmation pour un fonctionnement ECS en période nuit seulement. La pompe à chaleur peut être de n'importe quelle technologie (air/eau, eau/eau...).
- un générateur d'appoint électrique intégré au ballon de stockage, d'une puissance thermique d'au moins 500 W/100 L d'eau et logé à une hauteur au plus égale à 60% de la hauteur totale du ballon de stockage,
- une programmation ne permettant une activation automatique de l'appoint qu'en période nuit uniquement,
- une régulation optimisée de l'appoint en période nuit obéissant à l'une des deux logiques suivantes :
 - o soit la régulation repousse l'activation de l'appoint jusqu'à l'instant où il sera établi que la pente de remontée en température du ballon de stockage par la pompe à chaleur seule ne permettra pas d'atteindre la température de consigne souhaitée dans l'ensemble du ballon à la fin de la période nuit,
 - o soit la régulation repousse l'activation de l'appoint jusqu'à l'instant où il sera établi que la pente critique de remontée en température avec appoint activé est atteinte. Cette pente critique est préprogrammée dans l'appareil selon les caractéristiques de ses composants et prend en compte les variations de températures de source à l'évaporateur et au condenseur.

Le produit doit avoir fait l'objet d'une certification des performances au regard de la norme NF EN 16147 (statut de donnée certifiée au sens de la méthode Th-BCE).

2/ Domaine d'application

Le champ d'application de la présente méthode s'étend à tout système de production d'ECS thermodynamique à accumulation individuel disposant d'une régulation optimisée de l'appoint en période nuit, répondant à la définition ci-dessus. Son volume maximal de stockage doit être inférieur à 400 L.

Il est valable quel que soit l'usage, la zone climatique et l'altitude du projet.

3/ Méthode de prise en compte

La méthode de prise en compte repose sur une extension dynamique se substituant à l'algorithme de gestion/régulation de la base et de l'appoint du système de production ECS thermodynamique à accumulation de la méthode Th-BCE. Le reste de la modélisation, incluant le ballon de stockage d'ECS, la pompe à chaleur et l'appoint électrique, n'est pas modifiée par rapport à la méthode Th-BCE.

3.1 NOMENCLATURE DU MODELE

Le Tableau 1 donne la nomenclature des différentes variables du modèle de gestion-régulation de l'appoint du ballon.

Entrées du composant					
Nom	Description	Unité			
h_{leg}	Heure légale au début du pas de temps h .	h			
$[\theta_{bz}(h-1)]_{1 \text{ à } 4}$	Températures de la zone z ($z = 1 \text{ à } 4$) du ballon à la fin du pas de temps $h-1$	°C			
$[\theta_{bz}(h-2)]_{1 \text{ à } 4}$	Températures de la zone z ($z = 1 \text{ à } 4$) du ballon au début du pas de temps $h-2$	°C			
$V_p(h)$	Volume puisé pendant le pas de temps	L			
Paramètres intrinsèques du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
$type_{gest}$	Type de gestion: 0) Base en chauffage permanent 1) Base en chauffage de nuit seulement	-	0	1	-
$[V_z]_{1 \text{ à } 4}$	Volume des zones du ballon (z allant de 1 à 4)	L	0	$+\infty$	-
$V_{z_reg_ap}$	Volume de la zone du ballon où se situe le système de régulation de l'appoint	L	0	$+\infty$	-
N_{zone}	Nombre de zones dans le ballon	-	0	$+\infty$	4
Paramètres d'intégration du composant					
Nom	Description	Unité	Min	Max	Conv
θ_{c_ap}	Température de consigne de la zone du ballon chauffée par l'appoint	°C	0	110	55
$\Delta\theta_{ap}$	Hystérésis du système de régulation de l'appoint	K	0	20	-
z_{ap}	Numéro de la zone du ballon qui contient l'échangeur du générateur d'appoint	-	1	4	-
z_{reg_ap}	Numéro de la zone du ballon qui contient le système de régulation de l'appoint	-	1	4	-
Sorties					
Nom	Description	Unité			
$i_{active,base}(h)$	Indicateur d'activation de la base par la régulation	Bool			
$i_{active,ap}(h)$	Indicateur d'activation de l'appoint par la régulation	Bool			
Variables internes					
Nom	Description	Unité			
P_{PAC}	Puissance de pompe à chaleur moyenne au pas de temps précédent calculée sur la base de la remontée en température sur l'heure précédente	W			

$Q_{requis}(h)$	Quantité d'énergie Q_{requis} à fournir au ballon de stockage sur l'ensemble de la période nuit	Wh
$Q_{disponible}(h)$	Quantité totale d'énergie que pourrait fournir la pompe à chaleur seule, si la pente de remontée en température restait la même que celle calculée sur toute la nuit.	Wh
$f_{p_ap}(h)$	Autorisation de fonctionnement de l'appoint donnée par la programmation : 0 : interdit 1 : autorisé	Bool
$f_{p_base}(h)$	Autorisation de fonctionnement de l'appoint donnée par la programmation : 0 : interdit 1 : autorisé	Bool
$N_{hrestant}(h)$	Nombre d'heure restant avant la fin de la période nuit	h
$i_{cons_atteinte}(h)$	Indicateur d'activation de l'appoint par la régulation du ballon	Bool
$i_{active,ap}(h-1)$	Indicateur d'activation de l'appoint par la régulation du ballon au pas de temps précédent	Bool

Constantes

Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163

Tableau 1 : Nomenclature des différentes variables du modèle

3.2 DESCRIPTION ALGORITHMIQUE

Le titre V concerne la gestion de la base et de l'appoint au sens de la méthode Th-BCE du chapitre 11.10 C_STO_Gestion régulation de la base ballon et 11.11 C_STO_Gestion régulation de l'appoint ballon.

3.2.1 CALCUL DES INDICES DE PROGRAMMATION DU BALLON F_{P_BASE} ET F_{P_AP}

Les indices de programmation permettent de définir les périodes sur lesquelles l'activation de la base et de l'appoint peuvent avoir lieu (horloge d'activation préprogrammée).

Dans le cadre du titre V, la régulation de l'appoint concerne la période nuit seulement au sens de la méthode Th-BCE (0h-5h) :

$$\begin{aligned} \text{Si } h_{leg} > 23\text{h OU } h_{leg} < 5\text{h, alors, } f_{p_app}(h) &= 1 \\ \text{Sinon, } f_{p_app}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Cependant, on prévoit la possibilité d'activation du générateur de base soit en permanence, soit en période nuit. On traite donc les deux possibilités :

$$\begin{aligned} \text{Cas } type_{gest} = 0) \text{ Base en chauffage permanent :} \\ f_{p_base}(h) &= 1 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Cas } type_{gest} = 1) \text{ Base en chauffage de nuit seulement :} \\ \text{Si } h_{leg} > 23\text{h OU } h_{leg} < 5\text{h, alors, } f_{p_base}(h) &= 1 \\ \text{Sinon, } f_{p_base}(h) &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

3.2.2 PRISE EN COMPTE DE LA REGULATION EN FONCTION DE LA TEMPERATURE D'EAU DANS LE BALLON

On impose un fonctionnement du générateur de base seulement lors de la première heure de la période nuit ($h_{leg} = 0h$). En effet, il faut disposer d'au moins une heure entière de fonctionnement de la pompe à chaleur (générateur de base) seule, afin de déterminer la pente de remontée en température du ballon de stockage.

Ainsi, au début de la période nuit :

$$\begin{aligned} \text{Si } h_{leg} = 0h, \text{ alors :} \\ i_{active,base}(h) = 1 \text{ (vrai)} \\ i_{active,app}(h) = 0 \text{ (faux)} \end{aligned} \quad (4)$$

Pour le reste du temps, l'activation de la base est gérée selon un algorithme identique à celui des règles Th-BCE, §11.10.3.4 :

$$\begin{aligned} \text{Si } V_p(h) > 0 \text{ l} \\ \text{OU } \theta_{z,reg,base}(h-1) < \theta_c - \Delta\theta_{base} \\ \text{OU } [\theta_{z,reg,base}(h-1) < \theta_c \text{ ET } \theta_{z,reg,base}(h-1) > \theta_{z,reg,base}(h-2)], \\ \text{alors,} \\ i_{active,base}(h) = 1 \text{ (vrai)} \end{aligned} \quad (5)$$

En ce qui concerne la modélisation de la régulation de l'appoint, on part du principe que le régulateur calcule à chaque pas de temps une quantité d'énergie $Q_{requis}(h)$ à fournir avant la fin de la période nuit :

$$Q_{requis}(h) = \rho_w * c_w * \sum_{z=1}^{N_{zone}} [V_z * (\theta_c - \theta_z(h-1))] (Wh) \quad (6)$$

En parallèle, sur la base de mesures ponctuelles de température, la régulation évalue la pente de remontée en température du ballon. On traduit cette fonctionnalité par le calcul d'une puissance de pompe à chaleur moyenne calculée sur la base de la remontée en température sur l'heure précédente, P_{PAC} :

$$P_{PAC}(h) = \rho_w * c_w * \sum_{z=1}^{N_{zone}} [V_z * (\theta_z(h-1) - \theta_z(h-2))] * \left(\frac{1}{1h}\right) (W) \quad (7)$$

Soit le nombre d'heure avant la fin de la période nuit au sens de la méthode Th-BCE, noté $Nh_{restant}$:

$$\begin{aligned} \text{Sinon si } h_{leg} < 5h, \text{ alors } Nh_{restant}(h) = 5h - h_{leg}, \\ \text{Sinon, } Nh_{restant}(h) = 0 \end{aligned} \quad (h) \quad (8)$$

On définit la quantité totale d'énergie que pourrait fournir la pompe à chaleur si la même pente de remontée en température était conservée toute la nuit :

$$Q_{disponible}(h) = Nh_{restant}(h) * P_{PAC}(h) (Wh) \quad (9)$$

L'appoint est activé si : $Q_{disponible}(h) < Q_{requis}(h)$. Lorsqu'il est activé, c'est pour une heure complète. Au cours de cette heure, P_{pac} ne peut pas être calculée car la remontée en température inclut également l'impact de l'appoint. A l'issue de l'heure d'activation, l'appoint est automatiquement considéré comme désactivé sur l'heure suivante, afin de déterminer une nouvelle pente de remontée en température du ballon en mode pompe à chaleur seule.

Lorsque la température de consigne est atteinte une fois pour toutes les zones du ballon, l'appoint ne sera plus activé au cours de la période de nuit en cours.

Si à la dernière heure de la période de nuit ($h_{leg} = 4h$, soit de 4 à 5h du matin), il reste de l'énergie à fournir ($Q_{requis} > 0$), l'appoint est automatiquement activé par sécurité.

Ainsi, à chaque pas de temps, l'algorithme appelé est le suivant :

$$\begin{aligned} & \text{Si } V_p(h) > 0 \text{ l, alors,} \\ & \quad i_{\text{active,app}}(h) = 1 \text{ (vrai)} \\ & \\ & \text{Si } Q_{\text{requis}}(h) = 0 \text{ , alors,} \\ & \quad i_{\text{cons_atteinte}}(h) = 1 \text{ (vrai)} \\ & \\ & \text{Si } i_{\text{cons_atteinte}}(h) = 0 \text{(faux), alors} \\ & \quad \text{Si } ET Q_{\text{disponible}}(h) < Q_{\text{requis}}(h) \\ & \quad \text{OU } i_{\text{active,app}}(h-1) = 1 \text{ (vrai)} \\ & \quad \text{OU } [h_{\text{leg}} = 4h \text{ ET } Q_{\text{requis}}(h) > 0], \text{ alors,} \\ & \quad \quad i_{\text{active,app}}(h) = 1 \text{ (vrai)} \\ & \quad \text{Sinon,} \\ & \quad \quad i_{\text{active,app}}(h) = 0 \text{ (faux)} \\ & \text{Sinon,} \\ & \quad i_{\text{active,app}}(h) = 0 \text{ (faux)} \end{aligned} \tag{10}$$

Chaque jour de simulation, à $h_{\text{leg}} = 6h$ (du matin), tous les indicateurs booléens sont réinitialisés à 0 (faux).