

AMÉNAGEMENT NATURE, LOGEMENT

MINISTÈRE DU LOGEMENT,
DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES
ET DE LA RURALITÉ

*Direction de l'habitat, de l'urbanisme
et des paysages*

Arrêté du 26 juin 2015 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte des systèmes «HPSU Compact», «GCU Compact», «Ballons hors pression» et «Solaris» dans la réglementation thermique 2012

NOR : ETLL1512747A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

La ministre du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité et la ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie,

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, notamment son titre V;

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-BCE 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:

Article 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 «HPSU Compact», «GCU Compact», «Ballons hors pression» et «Solaris» dans la méthode de calcul Th-BCE 2012, définie par l'arrêté du 30 avril 2013 susvisé, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe.

Article 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 *Bulletin officiel* du ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité et du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 26 juin 2015.

*La ministre de l'écologie,
du développement durable
et de l'énergie,*

Pour la ministre et par délégation :

*La sous-directrice de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*

K. NARCY

*La ministre du logement,
de l'égalité des territoires
et de la ruralité,*

Pour la ministre et par délégation :

*La sous-directrice de la qualité
et du développement durable
dans la construction,*

K. NARCY

*La ministre de l'écologie,
du développement durable
et de l'énergie,*

Pour la ministre et par délégation :

*Le chef du service du climat
et de l'efficacité énergétique,*

P. DUPUIS

ANNEXE 1

MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DES SYSTÈMES « HPSU COMPACT », « GCU COMPACT », « BALLONS HORS PRESSION » ET « SOLARIS » DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

1/ Définition du système

Au sens du présent arrêté, les systèmes, désignés « HPSU Compact », « GCU Compact » et « Ballons hors pression » sont des systèmes de production d'eau chaude sanitaire et de chauffage qui utilisent un ballon de stockage en eau technique au lieu d'un stockage d'eau chaude sanitaire. Le puisage d'eau chaude sanitaire s'effectue à l'aide d'un échangeur-serpentin immergé dans le ballon de stockage, de même pour la charge (ou réchauffage) du ballon et le puisage chauffage (récupération d'énergie du ballon via un échangeur-serpentin) lorsque le ballon couvre également le chauffage.

Le système solaire « Solaris » est raccordé en drain back (auto-vidangeable) au ballon hors pression et utilise l'eau de stockage directement.

2/ Domaine d'application

Les différents produits pris en compte dans le présent arrêté sont des systèmes de production d'eau chaude sanitaire et de chauffage :

- système « HPSU compact » qui est une pompe à chaleur double service intégrée à un ballon hors pression spécifique à la pompe à chaleur ;
- système « GCU compact » qui est une chaudière gaz à condensation intégrée à un ballon hors pression spécifique à la chaudière condensation ;
- un générateur pris en compte dans la méthode Th-BCE couplé à un ballon hors pression (ou ballon HYC et SC, SCS) ou au ballon HPSU compact (ballon seul) ou au ballon GCU compact (ballon seul).

Par le présent arrêté, il est possible de coupler les systèmes « HPSU compact », « GCU compact » et les « Ballons hors pression » au système solaire SOLARIS en drain-back (V21P, V26P ou H26P). Il est également possible de coupler les systèmes précédents à tout type de système solaire modélisé par la méthode Th-BCE.

Pour répondre à des besoins très importants, il est possible de coupler plusieurs systèmes en parallèle que ce soit le système HPSU Compact, GCU Compact et les ballons hors pression.

Le présent arrêté s'étend également aux produits revendus par d'autres industriels avec la référence ROTEX ou DAIKIN apparaissant sur le produit..

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

3.1. Assemblages possibles

La modélisation des systèmes est réalisée en cohérence avec le paragraphe 11.2 « Production stockage » de la méthode Th-BCE qui modélise des ballons de stockage associés à un ou deux générateurs. A chaque pas de temps, la méthode de calcul détermine l'énergie requise pour l'eau chaude sanitaire et l'énergie requise pour le chauffage (lorsque l'assemblage fait également du chauffage) calculées par la gestion/régulation de la génération. La méthode permet également de déterminer les apports solaires récupérables pour le ballon et de prendre en compte la version drain-back du système SOLARIS.

Le tableau récapitulatif ci-dessous les différentes combinaisons possibles :

	Ballon base solaire à appoint intégré / CESI	Système solaire à appoint chauffage intégré / SSC	Ballon base seule	Ballon thermodynamique à appoint électrique	Ballon base à appoint dans stockage séparé
HPSU Compact	X	X	X	X	
GCU Compact	X	X	X		
Ballons hors pression génériques	X	X	X	X	X

L'élément central modélisé dans ces assemblages est le ballon de stockage hors pression. Ainsi par rapport aux assemblages précédemment décrits, le principe de base des assemblages de la méthode Th-BCE est conservé mais les parties relatives au ballon de stockage sont modifiées.

3.2. Fonctions assurées par les différentes configurations

Pour récapituler les différentes configurations prises en compte dans cet arrêté, voici ci-dessous un tableau regroupant les différentes configurations possibles ainsi que les modes du générateur et du ballon hors pression :

	Présence système solaire	Mode générateur	Mode ballon
HPSU Compact avec couplage solaire en mode CESI	Oui	ECS seul ou ECS/Chauffage	ECS seul
HPSU Compact avec couplage solaire en mode SSC	Oui	ECS/Chauffage	ECS/Chauffage
HPSU Compact sans couplage solaire	Non	ECS seul ou ECS/Chauffage	ECS seul
GCU Compact avec couplage solaire en mode CESI	Oui	ECS seul ou ECS/Chauffage	ECS seul
GCU Compact avec couplage solaire en mode SSC	Oui	ECS/Chauffage	ECS/Chauffage
GCU Compact sans couplage solaire	Non	ECS seul ou ECS/Chauffage	ECS seul
Ballon générique avec couplage solaire en mode CESI + générateur d'appoint	Oui	ECS seul ou ECS/Chauffage	ECS seul
Ballon générique avec couplage solaire en mode SSC + générateur d'appoint	Oui	ECS/Chauffage	ECS/Chauffage
Ballon générique + générateur (sans couplage solaire)	Non	ECS seul ou ECS/Chauffage	ECS seul
Ballon générique avec couplage solaire + générateur d'appoint dans stockage séparé	Oui	ECS seul	ECS seul

3.3. Méthodologie

3.3.1. Saisie du projet

L'ensemble des données relatives au bâti, à la ventilation, à la description des émissions et des réseaux des distributions individuelles et à la description des réseaux des distributions intergroupes de chauffage et d'eau chaude sanitaire reste inchangé.

La prise en compte des systèmes se fait au niveau de la saisie de la génération dans laquelle il faut définir une production stockage ROTEX-DAIKIN.

3.3.2. Saisie des caractéristiques des systèmes

Après avoir défini une génération avec une production stockage, il faut saisir les données caractéristiques d'une production avec stockage :

- Le nombre de générateurs identiques (saisir 1 s'il n'y a pas de couplage de plusieurs générateurs) ;
- L'indicateur de fluide aval ;
- La fonction du composant en tant qu'assemblage ballon (Id_Fou_Sto) ;
- L'indice de priorité du générateur en ECS ;
- L'Indice de priorité du générateur en chauffage.

Après avoir défini les données minimales concernant une production stockage, il faut saisir les données relatives aux choix des systèmes ROTEX-DAIKIN dépendants du projet et de l'utilisateur.

Concernant le choix des systèmes :

- Le choix du système (CESI, SSC, Ballon base seule, Ballon thermodynamique à appoint électrique, Ballon base solaire appoint séparé) ;
- Le choix de la référence du ballon ROTEX parmi les produits listés dans le champ d'application ;
- Le nombre de ballons (s'il s'agit de système HPSU ou GCU Compact, le nombre de ballons doit être en cohérence avec le nombre de générateurs identiques. Si ce n'est pas le cas, un message d'erreur apparaîtra.) ;
- Le choix du type de boucle solaire (BIV, DB ou pas de boucle solaire) ;
- La position du stockage (hors ou en volume chauffé).

Concernant le générateur (en base seule ou en appoint) :

- Caractéristiques et performances du générateur ;
- Le type de gestion de l'appoint ;
- L'hystérésis de déclenchement du générateur.

Dans le cas où le projet comporte un système solaire SOLARIS en drain-back (DB) :

- L'orientation des capteurs solaires ;
- L'inclinaison des capteurs solaires ;
- La surface totale du champ de capteurs ;
- Le coefficient de transmission thermique de la boucle solaire en contact avec l'extérieur ;
- Le coefficient de transmission thermique de la boucle solaire en contact avec l'intérieur du bâtiment ;
- La longueur aller du réseau de la boucle solaire en contact avec l'extérieur ;
- La longueur retour du réseau de la boucle solaire en contact avec l'extérieur ;
- La longueur aller du réseau de la boucle solaire en contact avec l'intérieur du bâtiment ;

- La longueur retour du réseau de la boucle solaire en contact avec l'intérieur du bâtiment ;
- La température maximale tolérée à la sortie des capteurs ;
- La température de relance de la pompe secondaire de la boucle solaire ;
- La différence de température à atteindre pour le fonctionnement de la boucle solaire ;
- La différence de température d'arrêt de la boucle solaire ;
- Le temps de fonctionnement des deux pompes pour remplir les capteurs solaires.

Dans le cas où le projet comporte un système solaire de la méthode Th-BCE (BIV) :

- Saisir les données relatives à la boucle solaire comme définies dans la méthode Th-BCE.
- Dans le cas d'un SSC :
- La température minimale à assurer dans le ballon pour couvrir les besoins d'ECS ;
- La température de départ nominale du réseau de distribution de chauffage (à mettre en cohérence avec la température saisie au niveau de l'émission de chauffage).
- Dans le cas d'un appoint dans stockage séparé :
- Le volume du ballon d'appoint ;
- La température maximale du ballon d'appoint ;
- Le statut du coefficient de pertes thermiques du ballon d'appoint ;
- Le coefficient de pertes thermiques du ballon d'appoint ;
- La zone du ballon d'appoint où se trouve l'échangeur d'appoint (zone basse par défaut).

Les données caractéristiques du système ROTEX-DAIKIN issues de l'annexe 6 « Base de données pour saisie » sont utilisées.

3.3.3. Saisie des générateurs

Dans le cas du système HPSU Compact, HPDU et de la saisie des performances de la machine thermodynamique en ECS, les caractéristiques des systèmes thermodynamiques raccordés à un ballon hors pression avec production ECS en semi-instantané seront renseignées conformément au paragraphe 10.21.3 de la méthode Th-BCE. Pour la saisie des performances en chauffage, elle s'effectue de la même façon que dans la méthode Th-BCE.

Dans le cas du système GCU, la saisie de la chaudière à condensation se fait comme définit dans la méthode Th-BCE au paragraphe 10.17.3.

Dans le cas de l'utilisation de ballon hors pression générique ROTEX-DAIKIN, il est possible de raccorder en appoint du solaire ou en générateur seul les générateurs suivants :

- chaudière standard au gaz ;
- chaudière basse température au gaz ;
- chaudière à condensation au gaz ;
- chaudière standard au fioul ;
- chaudière à condensation au fioul ;
- chaudière au bois ;
- pompe à chaleur à compression électrique ;
- pompe à chaleur à absorption ;
- réseau de chaleur

Pour les pompes à chaleur à compression électrique, nous saisisons leurs performances comme indiqué précédemment pour le système HPSU Compact. Pour les autres générateurs la saisie se fait comme définit dans la méthode Th-BCE.

3.3.4. Saisie des appoints thermodynamiques

Pour la prise en compte d'un système solaire à appoint thermodynamique, la démarche suivante est appliquée :

1^{ère} étape : calcul initial

Pour le calcul initial, décrire le projet avec les propriétés du système solaire et du ballon hors pression comme définie dans les paragraphes précédents. Concernant le système d'appoint, saisir un appoint électrique dans le cas d'un système CESI et un appoint gaz dans le cas d'un système SSC. Pour la saisie de l'appoint gaz, considérer une chaudière gaz standard. Les caractéristiques de cette chaudière gaz seront telles que les performances de la chaudière seront celles d'une chaudière parfaite (rendement de 100%, sans pertes....).

A la suite de cette étape les consommations annuelles et mensuelles des différents usages règlementaires sont obtenus.

2^{ème} étape : refaire l'étape 1

Lancer le calcul initial une seconde fois mais en considérant des puissances de pompe solaires nulles. On en déduit l'énergie fournie par l'appoint et l'énergie consommée par les auxiliaires de la boucle solaire.

3^{ème} étape : post-traitement

Le post-traitement décrit en annexe 5 détermine les résultats suivant :

- Cep_ecl_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_aux_ventilateur_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_aux_distribution_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_fr_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_ecs_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_ch_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_annuel (kWhep/m².an)

3.4. Fiche algorithme des assemblages

Cette fiche algorithme (voir Annexe 2) décrit les assemblages suivants :

- Assemblage ballon base solaire à appoint intégré ;
- Système solaire combiné à appoint chauffage intégré ;
- Assemblage ballon base seule : cette assemblage correspond aux systèmes sans solaire avec une source de chaleur ;
- Assemblage ballon base seule thermodynamique à appoint électrique : cette assemblage correspond aux systèmes sans solaire avec une base thermodynamique et un appoint électrique ;
- Assemblage ballon base solaire à appoint séparé dans le cas d'un couplage de plusieurs ballon solaire.

Ces assemblages sont considérés comme des assemblages « générateur ».

3.5. Fiche algorithme du ballon hors pression

La fiche algorithme de l'annexe XX décrit un modèle de ballon hors pression qui assure la totalité de la production d'eau chaude sanitaire et parfois une partie des besoins de chauffage. Les différents modèles de ballon hors pression pris en compte dans cette modélisation sont les suivants :

- ballons HPSU compact, GCU compact, type HYC ou SC sans solaire couplé à un générateur ;
- ballons HPSU compact, GCU compact, type HYC ou SC en mode CESI ;
- ballons HPSU compact, GCU compact, type HYC ou SC en mode SSC.

Lors d'un couplage avec un système solaire, les différents modèles de ballon sont disponibles en modèle BIV et en modèle DB. Le modèle BIV permet un raccordement avec un système solaire sous pression et se caractérise par la présence d'un échangeur supplémentaire en zone basse du ballon. Le modèle DB pour Drain Back (auto-vidangeable) utilise directement l'eau de stockage du ballon et ne nécessite donc pas d'échangeur supplémentaire.

3.6. Fiche algorithme de la boucle solaire drain-back

La fiche algorithme de l'annexe 3 inclut les capteurs, la boucle de fluide entre les capteurs et le ballon hors pression, fluide provenant de l'eau de stockage du ballon. Ce modèle horaire détermine l'énergie potentiellement récupérable pour le ou les ballon(s) hors pression, la consommation des pompes et les éventuelles pertes thermiques vers un volume chauffé.

Le modèle de la boucle solaire est assimilé à celui d'un générateur.

3.7. Note de calcul appoint thermodynamique

La fiche algorithme de l'annexe 5 décrit la méthodologie et les calculs considérés dans l'outil de post-traitement des appoints thermodynamiques. Cette méthodologie prend en compte les systèmes solaires de type CESI et SSC. Dans le cas d'une configuration CESI, l'appoint thermodynamique peut-être mono ou double service alors que dans le cas d'une configuration SSC l'appoint thermodynamique est double service. De plus les machines thermodynamiques considérées sont les systèmes thermodynamiques à compression électrique air extérieur/eau.

ANNEXE 2

FICHE ALGORITHME «ASSEMBLAGE»

I. Introduction

Cette fiche algorithme décrit les assemblages suivants :

- Assemblage ballon base solaire à appoint intégré ;
- Système solaire combiné à appoint chauffage intégré ;
- Assemblage ballon base seule : cette assemblage correspond aux systèmes sans solaire avec une source de chaleur ;
- Assemblage ballon base seule thermodynamique à appoint électrique : cette assemblage correspond aux systèmes sans solaire avec une base thermodynamique et un appoint électrique ;
- Assemblage ballon base solaire à appoint séparé dans le cas d'un couplage de plusieurs ballon solaire.

Ces assemblages sont considérés comme des assemblages « générateur ».

II. Nomenclature de l'extension production stockage

Les tableaux ci-dessous donnent la nomenclature des différentes variables des assemblages pour les productions stockages ROTEX :

Entrées du module ¹			
Nom	Description	Unité	
Gestion/régulation de la génération	Qreq(h)	Demande en énergie en ECS ou en chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération	Wh
	$\theta_{\text{aval}}(h)$	Température de fonctionnement définie au niveau de la gestion/régulation de la génération	°C
	Rpuis_dispo(h)	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible	-
	$\theta_{\text{amb}}(h)$	Température d'ambiance du lieu où se trouve la génération	°C
	idECS_seule	Indicateur de production ECS seule	-
	$\theta_{\text{depart_ecs}}$	Température de départ de la distribution d'ECS (correspond à $\theta_{\text{aval}}(h)$)	°C
Climat	Text(h)	Température extérieure du site	°C
	$\theta_{\text{cw}}(h)$	Température de l'eau froide alimentant les systèmes de production d'ECS	°C
Assemblage	Heure_legale	Heure légale	h
	Tz(h-1) et (h-2)	Température de la zone du ballon numéro z (z=[1 :4]) aux pas de temps précédents	°C

¹ Valeurs opérées par d'autres modules.

Paramètres de l'interface ²				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
Name	Nom du composant	-	-	-
Index	Identifiant unique du composant	-	[0 ; +∞[-
Rdim	Nombre de composants identiques	-	[1 ; +∞[1
Idpriorite_ch	Indice de priorité du générateur en chauffage	-	[1 ; +∞[-
Idpriorite_ECS	Indice de priorité du générateur en ECS	-	[1 ; +∞[-
Id_Fl_Aval	Type de fluide caloporteur : 1 : eau, 2 : air ambiant, 3 : sol.	-	[1 ; 3]	1
Id_Fou_Gen	Fonction du composant en tant que générateur : 1 : Chauffage, 2 : Refroidissement, 3 : ECS, 4 : Chauffage et ECS, 5 : Chauffage et refroidissement. Cette variable est fixée égale à Id_Fou_Sto	-	[1 ; 5]	3
Id_Fou_Sto	Fonction du composant en tant qu'assemblage ballon : 1 : Chauffage, 2 : Refroidissement, 3 : ECS, 4 : Chauffage et ECS, 5 : Chauffage et refroidissement.	-	[1 ; 5]	3
θmax_av_Igen	Température aval maximale pour le chauffage	°C	[0 ; +∞[-

Paramètres du module ³				
Nom	Description	Unité	Intervall e ⁴	Def. ⁵
Type_systeme	Type de système à considérer : 0 : CESI 1 : SSC	-	[0 ; 3]	-

² Rentrés par l'utilisateur.

³ Rentrés par l'utilisateur.

⁴ Les intervalles de l'interface donnent les limites les plus larges autorisées pour le calcul. Sauf mentions contraire, le test de compatibilité est systématique fait dans le code. Préciser l'exclusion des bornes ([...], [...]) etc.).

⁵ Valeur par défaut.

	2 : Ballon base seule 3 : Ballon solaire appoint séparé			
UA_hx_charge	Coefficient d'échange de l'échangeur de charge	W/K	[0 ; +∞[-
Nb_ballons	Nombre de ballon hors pression	-	[1 ; +∞[
Is_sto_vc	Indice de position du stockage : 0 : Hors volume chauffé 1 : En volume chauffé			
-	Voir fiches algorithmes des composants de l'assemblage	-	-	-

Sorties		
Nom	Description	Unité
Id_Fou_Gen	Fonction du générateur : 1 : Chauffage, 2 : Refroidissement, 3 : ECS, 4 : Chauffage et ECS, 5 : Chauffage et refroidissement.	-
Pn_Gen_Ecs	Puissance nominale du générateur en ECS	W
Pmax	Puissance maximale du générateur	W
Ø_vc	Pertes thermiques et puissances des auxiliaires du générateur transmises à l'ambiance	Wh
Q_cons	Puissance consommé par le générateur	Wh
Q_fou	Puissance fournie par le générateur	W
Qprelec	Production électrique du générateur	Wh
Qrest	Energie restant à fournir à la fin du pas d temps, faisant l'objet d'un report de demande à un autre générateur en séquence ou au pas de temps suivant	Wh
Taux_charge	Taux de charge du générateur	-
R_fonctecs	Temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale, au pas de temps h	-
Waux_Pro	Consommation des auxiliaires au pas de temps h	Wh
{Q_cef_Ecs (h)}	Tableau des consommations en énergie finale pour la production d'ECS en fonction des énergies utilisées (Gaz, Fioul, Charbon, Bois, Electricité, Réseau de fourniture)	Wh
Pn_Gen_Ch	Puissance nominale du générateur en	W

	chauffage	
{Q_cef_Ch (h)}	Tableau des consommations en énergie finale pour le chauffage en fonction des énergies utilisées (Gaz, Fioul, Charbon, Bois, Electricité, Réseau de fourniture)	Wh
Tz(h)	Température de la zone du ballon numéro z (z=[1 : 4]) au pas de temps h	°C

Variables internes ⁶		
Nom	Description	Unité
Qreq_ballon_ecs(h)	Demande en ECS transmise au ballon via la gestion/régulation de l'assemblage	Wh
Qw_sto_unit_report(h)	Energie non assurée au pas de temps h, reportée au pas de temps suivant	Wh
Tz(Nbiter_ecs)	Température de la zone du ballon numéro z (z=[1 :4]) à la fin de la boucle itérative de puisage ECS	°C
Qreq_ballon_ch(h)	Demande de chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh
Qsol(h)	Energie transférée par la boucle solaire Rotex au ballon hors pression	Wh
Qfou_solaire_moteur(h)	Energie transférée par la boucle solaire du moteur au ballon hors pression	Wh
W_aux_boucle_solaire(h)	Consommation électrique de l'ensemble des auxiliaires de la boucle solaire, en énergie finale	Wh
Φvc_BS(h)	Pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire	Wh
Pertes_ballon(h)	Pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps h	W
Tz(Nbiter_sol)	Température de la zone du ballon numéro z (z=[1 : 4]) à la fin de la boucle itérative de la boucle solaire	°C
Tmoy_ech_charge(h)	Température moyenne vu par l'échangeur de charge après les apports solaires	°C
Tmoy_bal_app(h)	Température moyenne vu par l'échangeur d'appoint dans le ballon d'appoint	°C
Qreq_sto_app(h)	Energie requise à l'appoint pour remonter le ballon jusqu'à sa	Wh

⁶ Variables utilisées uniquement dans le module courant.

	température de consigne	
$\theta_{\text{aval_mod}}(h)$	Température aval à envoyer au générateur	°C
$Q_{\text{fou_sto_ap}}(h)$	Energie transmise au ballon tampon par l'appoint	Wh
$N_{\text{b_gen_par_bal}}$	Nombre de générateur par ballon	-
-	Voir fiches algorithmes des composants de l'assemblage	-

Constantes ⁷			
Nom	Description	Unité	Conv.
-	Voir fiches algorithmes des composants de l'assemblage	-	-

III. Description mathématique de l'extension production stockage

1. ASSEMBLAGE BALLON BASE SOLAIRE A APPOINT INTEGRE

1.1. Prétraitement des données

Ce paragraphe permet l'évaluation des paramètres d'intégration propres à l'assemblage et calcule les données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

1.1.1. Fonction de l'assemblage

L'assemblage fonctionne en mode ECS seule. Le cas où le générateur d'appoint, en plus de réchauffer le ballon pour l'ECS, assure le chauffage instantané est également prévu:

$$Id_{\text{fousto}} = Id_{\text{fougen}} = 3$$

Ou

$$Id_{\text{fousto}} = 3 \text{ et } Id_{\text{fougen}} = 4$$

1.1.2. Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

1.1.3. Température de la chaufferie

La température de la chaufferie est prise en compte directement égale à la température ambiante de la génération renvoyée par le moteur « Theta_amb ».

$$T_{\text{chaufferie}}(h) = \theta_{\text{amb}}(h) \quad (1)$$

1.2. Ordre des calculs

Les besoins ECS aux bornes du ballon sont d'abord calculés, puis le volume puisé lors du pas de temps h pour l'ECS et enfin les températures dans le ballon à la fin du puisage. Les apports

⁷ Constantes (ex : chaleur spécifique de l'eau) et conventions.

solaires et les pertes au pas de temps h sont ensuite appliqués pour déterminer l'énergie requise pour l'appoint ECS et les températures du ballon après les apports de l'appoint. Le générateur d'appoint ECS est ensuite appelé une seconde fois pour le chauffage instantané.

1.2.1. Première étape: besoins d'ECS aux bornes du ballon tampon

Le besoin horaire aux bornes du ballon est égal au besoin horaire augmenté des pertes de réseau calculé par la méthode Th-BCE 2012.

Il est possible de coupler plusieurs assemblages entre eux et ainsi les besoins aux bornes de l'assemblage production stockage sont divisés par le nombre d'assemblage identiques :

$$Q_{req_ballon_ecs}(h) = \frac{Q_{req_ecs}(h)}{Nb_{ballons}} \quad (2)$$

Les paramètres saisis doivent être ceux d'un seul assemblage.

1.2.2. Deuxième étape : volume puisé d'ECS et température après puisage

Dans cette partie, le volume puisé pour répondre aux besoins ECS et les températures du ballon après puisage seront déterminés. A la fin de la boucle itérative, on connaît le champ de température du ballon après le puisage d'ECS.

Pour cette étape, la fiche algorithmique du « *Ballon hors pression* » sera utilisée et plus précisément la partie *Calcul du volume puisé et des températures après puisage ECS*. La fiche permettra d'obtenir les températures du ballon après puisage ECS.

1.2.3. Troisième étape : calculs de la boucle solaire

A partir du rayonnement solaire, l'énergie solaire potentiellement récupérable pour le ballon tampon est calculée.

Pour cette étape, la fiche algorithmique de la « *Boucle solaire drain back* » sera utilisée.

La fiche permettra d'obtenir :

- les températures et le débit circulant dans la boucle solaire ;
- les pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire $\phi_{vc}^{BS}(h)$;
- les consommations électriques des auxiliaires de la boucle solaire $W_{aux_boucle_solaire}(h)$.

Il est également possible d'utiliser la boucle solaire définie dans la méthode Th-BCE. Dans ce cas le composant renvoie :

$$Q_{fou_solaire_moteur}(h)$$

1.2.4. Quatrième étape : Application des apports solaires et des pertes thermiques du ballon

Après avoir déterminé les températures après puisage pour l'ECS et pour le chauffage, la nouvelle gamme de températures après la prise en compte des apports solaires et des pertes du ballon tampon sera utilisée dans cette partie.

Pour cette étape, la fiche algorithmique du « *Ballon hors pression* » sera utilisée et plus précisément la partie *Application des apports de chaleur par le solaire et des pertes thermiques du ballon*. De plus il est possible d'utiliser la boucle solaire de la méthode Th-BCE.

Dans les deux cas la fiche permettra d'obtenir :

- les températures des différentes zones du ballon après prise en compte de l'énergie solaire et des pertes ;

- les pertes thermiques du ballon à la fin du pas de temps h.

A la fin de cette étape la température moyenne du ballon hors pression vu par l'échangeur de charge sera calculée. Cette température sera renvoyée au générateur d'appoint.

1.2.5. Cinquième étape : gestion-régulation de l'appoint du ballon et générateur pour stockage avec fonction appoint pour stockage

Cette étape permet d'évaluer l'énergie à fournir pour maintenir les zones chauffées par l'appoint à la température de consigne.

Par la suite, les algorithmes des générateurs seront utilisés, à partir de l'énergie requise $Q_{req_sto_ap}(h)$, de la température moyenne vue par l'échangeur de charge $T_{moy_ech_charge}(h)$ et de son coefficient d'échange, ils déterminent l'énergie réellement fournie au ballon $Q_{fou_sto_ap}(h)$.

En effet la température aval modifié renvoyé au générateur est :

$$\theta_{aval_mod}(h) = T_{moy_ech_charge}(h) + \frac{\min(Q_{req_sto_ap}(h); P_{max} \times R_{dim})}{UA_{hx_charge}} \quad (3)$$

De plus, il est possible d'avoir plusieurs ballons hors pression raccordés à un seul générateur, dans ce cas le paramètre suivant est pris en compte, il correspond au nombre de générateur pour un ballon hors pression :

$$Nb_{gen_par_bal} = \frac{R_{dim}}{Nb_{ballons}}$$

Donc maintenant :

$$Q_{req_sto_ap}(h) \leftarrow \frac{Q_{req_sto_ap}(h)}{Nb_{gen_par_bal}}$$

1.2.6. Sixième étape : calcul des températures à la fin du pas de temps h

A cette étape, les pertes, déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint sera intégrée au calcul des températures du ballon.

Pour cette étape, la fiche algorithmique du « *Ballon hors pression* » sera utilisée et plus précisément la partie *Calcul des températures à la fin du pas de temps h*.

La fiche renverra :

- les températures des différentes zones du ballon après prise en compte de l'énergie fournie par l'appoint $T_z(h)$.

1.2.7. Septième étape : générateur pour stockage avec fonction chauffage instantané

Après avoir fourni l'énergie d'appoint au ballon, le générateur d'appoint est appelé une seconde fois avec le besoin de chauffage suivant :

$$Q_{req_assemb_ch}(h) = \frac{Q_{req_ch}(h)}{R_{dim}} \quad (4)$$

Lors de cet appel, la température aval considérée est la température de fonctionnement des générateurs instantanés de chauffage calculée au niveau de la génération $\theta_{wm_ch}^{gen}$. Les consommations calculées seront attribuées au chauffage.

1.3. Traitement des données de sortie

La simulation calcule l'énergie consommée par l'assemblage. Cette énergie vient :

- du système d'appoint ;
- de la pompe de la boucle solaire.

1.3.1. Calcul des consommations

Dans le cas de l'assemblage ballon base solaire à appoint intégré (CESI), la consommation en énergie finale s'exprime sous forme de matrice, de la façon suivante :

$$\left\{ Q_{cef(po;Idengen)}^{assemblage}(h) \right\} = W_{aux_boucle_solaire}(h) \cdot \left\{ E_{(3;50)} \right\} + Nb_{gen_par_bal} \times \left(\begin{array}{l} Q_{cons}^{gnr_ap}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \left\{ E_{(1;Idengen)} \right\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \left\{ E_{(3;Idengen)} \right\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \\ + W_{aux_pro}^{gnr_ap}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \left\{ E_{(1;50)} \right\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \left\{ E_{(3;50)} \right\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \end{array} \right) \quad (5)$$

1.3.2. Energie restante à fournir par le générateur d'appoint pour l'ECS

Dans le cas d'un CESI, le report d'énergie pour l'ECS est géré au niveau du puisage dans le ballon et non au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon.

$$Q_{rest_ecs}^{gnr_ap}(h) = 0 \quad (6)$$

1.3.3. Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si l'élément de stockage est en volume chauffé, s'écrivent :

$$\phi_{vc}^{sto}(h) = Pe(h) \times Nb_{ballons} \times Is_{sto_vc} \quad (7)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé du générateur d'appoint issues de la fiche algorithme « Générateur » :

$$\phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow \phi_{vc}^{gnr}(h) \times R_{dim} \quad (8)$$

S'ajoutent également les pertes en volume chauffé de la boucle solaire issues de la fiche algorithme « Module solaire » :

$$\phi_{vc_BS}(h) \leftarrow \phi_{vc_BS}(h) \quad (9)$$

2. SYSTEME SOLAIRE COMBINE A APPOINT CHAUFFAGE INTEGRE

2.1. Prétraitement des données

Ce paragraphe consiste à évaluer les paramètres d'intégration propres à l'assemblage et à calculer les données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

2.1.1. Fonction de l'assemblage

L'assemblage ne fonctionne par définition qu'en mode mixte d'où :

$$Id_{fousto} = Id_{fougen} = 4$$

2.1.2. Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

2.1.3. Température de la chaufferie

Prise en compte de la température ambiante de la génération renvoyée par le moteur « Theta_amb ».

$$T_{chaufferie}(h) = \theta_{amb}(h) \quad (10)$$

2.2. Ordre des calculs

Pour ce système les étapes déjà décrites précédemment pour l'assemblage ballon base solaire à appoint intégré seront suivies en utilisant des étapes supplémentaires concernant le puisage et l'appoint pour le chauffage. En effet on calcule d'abord les besoins aux bornes du ballon, le volume puisé lors du pas de temps h pour l'ECS puis pour le chauffage (étape 2 bis à rajouter) et les températures dans le ballon à la fin des puisages sont recalculées, puis les apports solaires et les pertes au pas de temps h sont appliqués et enfin l'énergie requise pour l'appoint et les températures du ballon après les apports de l'appoint sont déterminées. Par la suite le générateur d'appoint est appelé pour l'appoint au chauffage (l'étape 7bis qui remplace l'étape 7).

2.2.1. Deuxième étape bis : volume puisé pour chauffage et températures après puisage

Après le puisage de l'ECS, l'énergie disponible pour assurer une partie de la demande d'énergie de chauffage est puisée dans le ballon. Les algorithmes déterminent, selon les conditions de gestion-régulation de la boucle chauffage, l'énergie fournie par le ballon à la boucle de chauffage et l'énergie restante à fournir sachant que le besoin chauffage aux bornes du ballon est défini par l'équation suivante :

$$Q_{req_assemb_ch}(h) = \frac{Q_{req_ch}(h)}{Nb_{ballons}} \quad (11)$$

Une fois l'énergie fournie, le ballon met à jour les températures de chaque zone compte tenu de la stratification des zones du ballon.

Pour cette étape, la fiche algorithmique du « *Ballon hors pression* » sera utilisée et plus précisément la partie *Calcul de l'énergie fournie pour le chauffage et des températures après puisage chauffage*.

La fiche permettra d'obtenir :

- l'énergie restant à fournir par l'appoint chauffage $Q_{rest_ch}(h)$.
- les températures des différentes zones du ballon après puisage pour le chauffage utilisées dans la 5^{ème} étape $T_z(Nb_{iter_ch})$.

2.2.2. Septième étape bis : générateur pour stockage avec fonction appoint chauffage

Après avoir fourni l'énergie d'appoint au ballon, s'il reste une énergie à fournir pour le chauffage (calculée lors de la deuxième étape bis), le générateur d'appoint est appelé une seconde fois, en posant :

$$Q_{req}(h) = Q_{rest_ch}(h) \quad (12)$$

Lors de cet appel, la température aval considérée est la température de fonctionnement des générateurs instantanés de chauffage calculée au niveau de la génération $\theta_{wm_ch}^{gen}$. Les consommations calculées seront attribuées au chauffage.

De plus, il est possible d'avoir plusieurs ballons hors pression raccordés à un seul générateur, dans ce cas le paramètre suivant sera pris en compte, il correspond au nombre de générateur pour un ballon hors pression :

$$Nb_{gen_par_bal} = \frac{R_{dim}}{Nb_{ballons}}$$

Donc maintenant :

$$Q_{rest_ch}(h) \leftarrow \frac{Q_{rest_ch}(h)}{Nb_{gen_par_bal}}$$

2.3. Traitement des données de sortie

La simulation calcule l'énergie consommée par l'assemblage. Cette énergie vient :

- du système d'appoint ;
- de la pompe de la boucle solaire.

2.3.1. Calcul des consommations

Dans le cas de l'assemblage du système solaire combiné à appoint chauffage intégré (SSC), la consommation en énergie finale s'exprime sous forme de matrice, de la façon suivante :

$$\{Q_{cef(po;Idengen)}^{assemblage}(h)\} = W_{aux_boucle_solaire}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) +$$

$$Nb_{gen_par_bal} \times \left(\begin{array}{l} Q_{cons}^{gnr_ap}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;Idengen)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;Idengen)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \\ + W_{aux_pro}^{gnr_ap}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \end{array} \right) \quad (13)$$

2.3.2. Energie restante à fournir par le générateur d'appoint pour l'ECS

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon (base et appoint) :

$$Q_{rest_ecs}^{gnr_ap}(h) = 0 \quad (14)$$

2.3.3. Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si l'élément de stockage est en volume chauffé :

$$\phi_{vc}^{sto}(h) = Pe(h) \times Nb_{ballons} \times Is_{sto_vc} \quad (15)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé du générateur d'appoint issues de la fiche algorithme « Générateur » :

$$\phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow \phi_{vc}^{gnr}(h) \times R_{dim} \quad (16)$$

S'ajoutent également les pertes en volume chauffé de la boucle solaire issues de la fiche algorithme « Module solaire » :

$$\phi_{vc_BS}(h) \leftarrow \phi_{vc_BS}(h) \quad (17)$$

3. ASSEMBLAGE BALLON BASE SEULE

3.1. Prétraitement des données

Ce paragraphe consiste à évaluer les paramètres d'intégration propres à l'assemblage et à calculer les données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

3.1.1 Fonction de l'assemblage

L'assemblage fonctionne en mode ECS seule. On envisage également le cas où le générateur d'appoint, en plus de réchauffer le ballon pour l'ECS, assure le chauffage instantané :

$$Id_{fousto} = Id_{fougen} = 3 \text{ Ou}$$

$$Id_{fousto} = 3 \text{ et } Id_{fougen} = 4$$

3.1.2 Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

3.1.3 Température de la chaufferie

Prise en compte de la température ambiante de la génération renvoyée par le moteur « Theta_amb ».

$$T_{chaufferie}(h) = \theta_{amb}(h) \quad (18)$$

3.2. Ordre des calculs

Dans le cas d'un assemblage ballon base seule, les étapes déjà décrites précédemment seront suivies pour l'assemblage ballon base solaire à appoint intégré en ne prenant pas en compte l'étape concernant la boucle solaire (étape 3) et en considérant que les apports solaires sont nuls. En effet on calcule d'abord les besoins aux bornes du ballon, le volume puisé lors du pas de temps h pour l'ECS et on recalcule les températures dans le ballon à la fin du puisage, puis on applique les apports solaires (considérés nuls) et les pertes au pas de temps h et enfin on détermine l'énergie requise pour le générateur et les températures du ballon après les apports du générateur. Par la suite le générateur peut être appelé pour le chauffage instantané.

3.3. Traitement des données de sortie

La simulation calcule l'énergie consommée par l'assemblage, c'est-à-dire l'énergie consommée par le générateur de base.

3.3.1 Calcul des consommations

Dans le cas de l'assemblage ballon base seule, la consommation en énergie finale s'exprime sous forme de matrice, de la façon suivante :

$$\left\{ Q_{cef(po;Idengen)}^{assemblage}(h) \right\} = Nb_{gen_par_bal} \times \left(\begin{array}{l} Q_{cons}^{gnr}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;Idengen)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;Idengen)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \\ + W_{aux_pro}^{gnr}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \end{array} \right) \quad (19)$$

3.3.2 Energie restante à fournir par le générateur d'appoint pour l'ECS

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon (base et appoint) :

$$Q_{rest_ecs}^{gnr-ap}(h) = 0 \quad (20)$$

3.3.3 Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si l'élément de stockage est en volume chauffé :

$$\phi_{vc}^{sto}(h) = Pe(h) \times Nb_{ballons} \times Is_{sto_vc} \quad (21)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé du générateur de base issues de la fiche algorithme « Générateur » :

$$\phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow \phi_{vc}^{gnr}(h) \times R_{dim} \quad (22)$$

4. ASSEMBLAGE BALLON THERMODYNAMIQUE A APPOINT ELECTRIQUE

4.1. Prétraitement des données

Ce paragraphe consiste à évaluer les paramètres d'intégration propres à l'assemblage et à calculer les données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

4.1.1 Fonction de l'assemblage

L'assemblage fonctionne en mode ECS seule. On envisage également le cas où le générateur d'appoint, en plus de réchauffer le ballon pour l'ECS, assure le chauffage instantané :

$$Id_{fousto} = Id_{fougen} = 3 \text{ Ou}$$

$$Id_{fousto} = 3 \text{ et } Id_{fougen} = 4$$

4.1.2 Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

4.1.3 Température de la chaufferie

Prise en compte de la température ambiante de la génération renvoyée par le moteur « Theta_amb ».

4.2. Ordre des calculs

Dans le cas d'un assemblage ballon thermodynamique à appoint électrique, les étapes déjà décrites précédemment seront suivies pour l'assemblage ballon base seule mais en considérant la présence d'un appoint électrique comme générateur d'appoint. En effet de la même manière que l'assemblage ballon base seule et si le générateur thermodynamique permet de fournir toute l'énergie requise pour remonter le ballon en température. Si ce n'est pas le cas, l'énergie restante sera fournie par l'appoint électrique directement dans le ballon. Enfin les températures du ballon après les apports du générateur sont déterminées. Par la suite le générateur thermodynamique peut être appelé pour le chauffage instantané.

4.3. Traitement des données de sortie

La simulation calcule l'énergie consommée par l'assemblage, c'est-à-dire l'énergie consommée par le générateur de base et l'appoint électrique.

4.3.1 Calcul des consommations

Dans le cas de l'assemblage ballon base seule, la consommation en énergie finale s'exprime sous forme de matrice, de la façon suivante :

$$\left\{ Q_{cef(po;Idengen)}^{assemblage}(h) \right\} = R_{dim} \times \left(\begin{array}{l} Q_{cons}^{gnr_base}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;Idengen)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;Idengen)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \\ + W_{aux_pro}^{gnr_base}(h) \times \left(\frac{Q_{req_ch}(h) \cdot \{E_{(1;50)}\} + Q_{req_ecs}(h) \cdot \{E_{(3;50)}\}}{Q_{req_ch}(h) + Q_{req_ecs}(h)} \right) \\ + Q_{cons}^{gnr_ap}(h) \times \{E_{(3;Idengen)}\} \end{array} \right) \quad (22-1)$$

4.3.2 Energie restante à fournir par le générateur d'appoint pour l'ECS

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon (base et appoint) :

$$Q_{rest_ecs}^{gnr_ap}(h) = 0 \quad (22-2)$$

4.3.3 Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si l'élément de stockage est en volume chauffé :

$$\phi_{vc}^{sto}(h) = Pe(h) \times Nb_{ballons} \times Is_{sto_vc} \quad (22-3)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé du générateur de base issues de la fiche algorithme « Générateur » :

$$\phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow \phi_{vc}^{gnr}(h) \times R_{dim} \quad (22-4)$$

5. COUPLAGE DE BALLONS SOLAIRES A APPOINT DANS STOCKAGE SEPARÉ

5.1. Prétraitement des données

Ce paragraphe consiste à évaluer les paramètres d'intégration propres à l'assemblage et à calculer les données d'entrée des fiches constituant l'assemblage.

5.1.1. Fonction de l'assemblage

L'assemblage fonctionne en mode ECS seule.

$$Id_{fousto} = Id_{jougen} = 3$$

5.1.2. Position de l'assemblage

Le positionnement du ballon (il en va de même pour les générateurs de base et d'appoint) est identique à celui de la génération dans laquelle il se trouve.

5.1.3. Température de la chaufferie

Prise en compte de la température ambiante de la génération renvoyée par le moteur « Theta_amb ».

$$T_{chaufferie}(h) = \theta_{amb}(h) \quad (23)$$

5.1.4. Température de consigne du ballon d'appoint

En fonction de la température de départ ECS demandée à l'assemblage, les températures de consigne du ballon d'appoint suivantes sont définies :

Si $\theta_{depart_ecs} \leq 50^\circ C$ alors

$$\theta_{c_app} = 55^\circ C$$

Si $50^\circ C < \theta_{depart_ecs} \leq 55^\circ C$ alors

$$\theta_{c_app} = \theta_{depart_ecs} + 5^\circ C$$

5.2. Ordre des calculs

Pour ce système les étapes déjà décrites précédemment pour l'assemblage ballon base solaire à appoint intégré ne seront pas exactement suivies. Des références à certaines de ces étapes seront faites mais des étapes propres à cet assemblage seront rajoutées. En effet les étapes à suivre pour cet assemblage :

- Etape 1ter : Besoins d'ECS aux bornes de l'assemblage ;
- Etape 2ter : Calcul du volume puisé et des températures après puisage pour l'ECS dans le cas d'un appoint dans un ballon de stockage séparé :

$$Q_{req_ballon_ecs}(h) = Q_{req_ecs}(h) \quad (24)$$

- Etapes 3, 4 : Calcul de la boucle solaire et application des apports solaires et des pertes thermiques du ballon ;
- Etape 5ter : Calcul de l'énergie à fournir par l'appoint dans le cas d'un appoint dans un ballon de stockage séparé et appel du générateur d'appoint. De la même façon que pour l'étape 5, le générateur est appelé en fonction de l'énergie requise $Q_{req_sto_ap}(h)$, de la température moyenne vue par l'échangeur d'appoint $T_{moy_bal_app}(h)$ et de son coefficient d'échange. Le générateur détermine l'énergie réellement fournie au ballon $Q_{fou_sto_ap}(h)$. La température aval modifié renvoyé au générateur est la suivante :

$$\theta_{aval_mod}(h) = T_{moy_bal_app}(h) + \frac{\min(Q_{req_sto_ap}(h); P_{max} \times R_{dim})}{UA_{hx}(V_{tot_app}) \cdot (1h)} \quad (25)$$

Avec $UA_{hx}(V_{tot_app})$ comme définit dans la méthode Th-BCE (équation 1497 de la partie C_STO_échangeur_ballon).

- Etape 6ter : Calcul des températures à la fin du pas de temps h ;

5.3. Traitement des données de sortie

La simulation calcule l'énergie consommée par l'assemblage. Cette énergie vient :

- du système d'appoint ;
- des auxiliaires de la boucle solaire.

5.3.1. Calcul des consommations

Dans le cas de l'assemblage à appoint dans stockage séparé, la consommation en énergie finale s'exprime sous forme de matrice, de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \{Q_{cef(po;Idengen)}^{assemblage}(h)\} &= W_{aux_boucle_solaire}(h) \times \{E_{(3;50)}\} \\ &+ R_{dim} \times Q_{cons}^{gnr_ap}(h) \times \{E_{(3;Idengen)}\} \\ &+ R_{dim} \times W_{aux_pro}^{gnr_ap}(h) \times \{E_{(3;50)}\} \end{aligned} \quad (26)$$

5.3.2. Energie restante à fournir par le générateur d'appoint pour l'ECS

Dans le cas de la production d'eau chaude avec stockage, le report d'énergie est géré au niveau du puisage dans le ballon et non, contrairement aux systèmes de production instantanée, au niveau du (ou des) générateur(s) associés au ballon (base et appoint) :

$$Q_{rest_ecs}^{gnr_ap}(h) = 0 \quad (27)$$

5.3.3. Calcul des pertes thermiques récupérables

Les pertes thermiques de stockage, récupérables par l'ambiance si l'élément de stockage est en volume chauffé :

$$\phi_{vc}^{sto}(h) = Pe(h) \times Is_{sto_vc} \quad (28)$$

A ces pertes de stockage s'ajoutent les éventuelles pertes en volume chauffé du générateur d'appoint issues de la fiche algorithme « Générateur » :

$$\phi_{vc}^{gnr}(h) \leftarrow \phi_{vc}^{gnr}(h) \times R_{dim} \quad (29)$$

S'ajoutent également les pertes en volume chauffé de la boucle solaire issues de la fiche algorithme « Module solaire » :

$$\phi_{vc_BS}(h) \leftarrow \phi_{vc_BS}(h) \times Nb_{ballons} \quad (30)$$

ANNEXE 3

FICHE ALGORITHME «BOUCHE SOLAIRE DRAIN BACK»

I. Introduction

Cette fiche algorithme inclut les capteurs et la boucle de fluide entre les capteurs et le ballon hors pression, fluide provenant de l'eau de stockage du ballon. Ce modèle horaire détermine l'énergie potentiellement récupérable pour le ou les ballon(s) hors pression, la consommation des pompes et les éventuelles pertes thermiques vers un volume chauffé.

Le modèle de la boucle solaire est assimilé à celui d'un générateur.

II. Nomenclature du module interne boucle solaire

Les tableaux ci-dessous donnent la nomenclature des différentes variables du modèle de boucle solaire.

Entrées du module		
Nom	Description	Unité
T1_Nbiter(h)	Température de la zone 1 du ballon après puisage pour l'ECS ou pour le chauffage	°C
T3_Nbiter(h)	Température de la zone 3 du ballon après puisage pour l'ECS ou pour le chauffage	°C
Tb(h-1) et (h-2)	Température à la sortie des capteurs solaires au pas de temps précédents	°C
marche_sol(h-1)	Indicateur de régulation de la boucle solaire au pas de temps précédent	-
Isr_star(h)	Irradiance (ensoleillement) sur le plan des capteurs	W/m ²
hauteur_soleil(h)	Gamma : hauteur angulaire du soleil au-dessus de l'horizon	°
azimut_soleil(h)	Azimut du soleil : angle du soleil par rapport au Sud - Positif vers l'Ouest – Négatif vers l'Est	°
Text(h)	Température extérieure	°C

Paramètres intrinsèques du composant				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Def.
Beta	Inclinaison du capteur solaire (0° : horizontale vers le haut ; 90° : verticale)	°	[0 ; 90]	-
Alpha	Orientation du capteur solaire, sous forme d'angle en ° (0° pour le sud, 90° l'ouest, 270° l'est, et 180° le nord)	°	[0 ; 360]	-
S_capteur	Surface de capteurs solaires	m ²	[0 ; +∞[-
n_0	Rendement optique d'un capteur solaire	-	[0 ; 1]	-
K _θ	Facteur d'angle d'incidence	-	[0 ; 1]	-
a1	Coefficient de pertes du premier ordre d'un capteur solaire	W/(m ² .K)	[0 ; +∞[-
a2	Coefficient de pertes du deuxième ordre	W/(m ² .	[0 ; +∞[-

	d'un capteur solaire	K ²)		
Ue	Coefficient de transmission thermique de la boucle solaire en contact avec l'extérieur	W/(m.K)	[0 ; +∞[-
Ui	Coefficient de transmission thermique de la boucle solaire en contact avec l'intérieur du bâtiment	W/(m.K)	[0 ; +∞[-
Le_aller	Longueur aller du réseau de la boucle solaire en contact avec l'extérieur	m	[0 ; +∞[-
Le_retour	Longueur retour du réseau de la boucle solaire en contact avec l'extérieur	m	[0 ; +∞[-
Li_aller	Longueur aller du réseau de la boucle solaire en contact avec l'intérieur du bâtiment	m	[0 ; +∞[-
Li_retour	Longueur retour du réseau de la boucle solaire en contact avec l'intérieur du bâtiment	m	[0 ; +∞[-
deb_sol_nom	Débit nominal de fluide solaire passant dans la boucle solaire	L/h]0 ; +∞[-
Pp_solaire_max	Puissance électrique maximale de la pompe solaire	W	[0 ; +∞[-
Pp_solaire_min	Puissance électrique minimale de la pompe solaire	W	[0 ; +∞[-
θb_max	Température maximale du ballon	°C	[0 ; +∞[85
θmax_capteurs	Température maximale des capteurs	°C	[0 ; +∞[95
θregul_solaire	Température de mise en fonctionnement de la boucle solaire (différence de température entre le bas du ballon et la sortie des capteurs pour laquelle la boucle se met en fonctionnement)	°C	[0 ; +∞[15
θrelance_pompe	Température de sortie des capteurs pour laquelle il est nécessaire de mettre en fonctionnement la pompe secondaire pour éviter une surchauffage	°C	[0 ; +∞[70
θstop_boucle	Température d'arrêt de la boucle solaire (différence de température entre le bas du ballon et la sortie des capteurs pour laquelle la boucle s'arrête)	°C	[0 ; +∞[2
tmise_en_service	Durée de la phase de démarrage durant laquelle les deux pompes sont en fonctionnement	min	[0 ; +∞[2

Sorties		
Nom	Description	Unité
W_aux_boucle_solaire(h)	Consommation électrique de l'ensemble des auxiliaires de la boucle solaire, en énergie finale	Wh
Φvc_BS(h)	Pertes thermiques vers l'ambiance de la	Wh

	boucle solaire	
deb_sol(h)	Débit de fluide solaire passant dans la boucle solaire	L/h
Tb(h)	Température à la sortie des capteurs	°C
Te(h)	Température de retour dans le ballon	°C
marche_sol(h)	Indicateur de régulation de la boucle solaire	-

Variables internes		
Nom	Description	Unité
angle_incidence(h)	Angle d'incidence	rad
K_incidence(h)	Facteur d'angle d'incidence	-
Td(h)	Température à l'entrée des capteurs	°C
α_p (h)	Part de la puissance de la pompe transférée au fluide sous forme de chaleur	-
tfunc_pompe_princ(h)	Temps de fonctionnement de la pompe principale de la boucle solaire	h
tfunc_pompe_sec(h)	Temps de fonctionnement de la pompe secondaire de la boucle solaire	h
Mod_circ_sol(h)	Modulation de la consommation électrique de la pompe suivant le débit qui passera dans la boucle solaire	-
Wpompe_princ(h)	Consommation électrique de la pompe principale de la boucle solaire, en énergie finale	W
Wpompe_sec(h)	Consommation électrique de la pompe secondaire de la boucle solaire, en énergie finale	W

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
cw	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg. K)	1,163
Tamb_sol	Température de l'ambiance intérieure en contact avec la boucle solaire	°C	20
α_p	Part de la puissance de la pompe transférée au fluide sous forme de chaleur	-	0,5

III. Description mathématique du module

Cette partie établit pour la boucle solaire :

- le débit circulant dans la boucle solaire,
- la consommation de ses auxiliaires,
- les pertes en volume chauffé de la boucle solaire,
- l'énergie solaire potentiellement récupérable avec les températures à différents points de la boucle solaire.

1. ENERGIE SOLAIRE POTENTIELLEMENT RECUPERABLE

Une fois tout le volume puisé pour l'ECS et le chauffage, on va calculer les apports et les pertes à appliquer au ballon. On s'occupe pour le moment de déterminer l'énergie solaire potentiellement récupérable.

1.1. Débit dans la boucle solaire

Le calcul de l'irradiance sur le plan des capteurs et du facteur d'angle d'incidence se fait selon la méthode Th-BCE 2012.

En revanche, le calcul de la chaleur transférée au ballon se fait de manière différente pour tenir compte de la régulation spécifique du système SOLARIS. Pour ce système, il faut calculer les températures dans la boucle solaire à l'entrée des capteurs T_d , à la sortie des capteurs T_b et au retour dans le ballon T_e .

On calcule d'abord le débit de fluide solaire passant dans la boucle entre les capteurs et le ballon :

- lorsque les deux pompes solaires sont en fonctionnement le débit solaire est égal au débit solaire nominal.
- lorsque seule la pompe n°1 est en fonctionnement, celle-ci régule le débit en fonction de la différence de température départ-retour de la boucle solaire.

Pour décrire cette régulation du débit solaire celui-ci est décrit par une fonction affine dépendant de la différence de température entre la sortie des capteurs et la sortie du ballon hors pression.

Pour déterminer les coefficients de cette fonction affine, le débit solaire est égale à 30% du débit solaire nominal lorsque la différence de température est minimale c'est-à-dire peu après le déclenchement de la boucle solaire et l'arrêt de la seconde pompe permettant le remplissage de la boucle.

De plus le débit nominal est atteint lorsque la température en sortie des capteurs est égale à $\theta_{relance_pompe}$ (paramétrable), température à laquelle la fonction booster s'enclenche et les deux pompes fonctionnent alors à 100% de puissance afin d'éviter toute ébullition éventuelle dans les capteurs.

Ainsi les équations suivantes sont obtenues :

$$deb_{sol_nom} = a \times (\theta_{relance_pompe} - T_1(Nb_{iter})) + b \quad (1)$$

$$0,2 \times deb_{sol_nom} = a \times \theta_{regul_solaire} + b \quad (2)$$

D'où

$$deb_{sol}(h) = a \times (T_b(h-1) - T_1(Nb_{iter})) + b \quad (3)$$

Avec

$$a = \frac{0,8 \times deb_{sol_nom}}{\theta_{relance_pompe} - T_1(Nb_{iter}) - \theta_{regul_solaire}} \quad (4)$$

$$b = deb_{sol_nom} - \frac{0,8 \times deb_{sol_nom} \times (\theta_{relance_pompe} - T_1(Nb_{iter}))}{\theta_{relance_pompe} - T_1(Nb_{iter}) - \theta_{regul_solaire}} \quad (5)$$

1.2. Température de la boucle solaire

Pour le moment, on calcule les températures dans la boucle solaire en supposant que la pompe solaire est en marche (on s'occupera de la gestion/régulation de la boucle solaire après).

On part de la température en sortie du ballon hors pression après le puisage ECS ou le puisage chauffage. Cette température correspond à la température basse $T_1(Nb_iter)$ du ballon hors pression. A partir de cette température, on calcule la température en entrée des capteurs $T_d(h)$ en appliquant des pertes de réseau. On résout l'équation suivante :

$$U_e \times L_{e,aller} \times \left(\frac{T_1(Nb_iter) + T_d(h)}{2} - T_{ext}(h) \right) + U_i \times L_{i,aller} \times \left(\frac{T_1(Nb_iter) + T_d(h)}{2} - T_{amb_sol} \right) \quad (6)$$

$$- \alpha_p \times P_{p_solaire_max} = deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w \times (T_1(Nb_iter) - T_d(h))$$

L'équation suivante sur $T_d(h)$ est obtenue :

$$T_d(h) = B \times T_1(Nb_iter) + C \quad (7)$$

Avec

$$B = \frac{-U_e \times L_{e,aller} - U_i \times L_{i,aller} + 2 \times deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w}{U_e \times L_{e,aller} + U_i \times L_{i,aller} + 2 \times deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w} \quad (8)$$

$$C = \frac{2 \times (\alpha_p \times P_{p_solaire_max} + U_e \times L_{e,aller} \times T_{ext}(h) + U_i \times L_{i,aller} \times T_{amb_sol})}{U_e \times L_{e,aller} + U_i \times L_{i,aller} + 2 \times deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w} \quad (9)$$

Hypothèse : Le réseau qui n'est pas en contact avec l'extérieur est considéré en contact avec une ambiance à 20°C ($T_{amb_sol} = 20^\circ C$).

Puis on résout l'équation d'équilibre au niveau des capteurs pour déterminer la température $T_b(h)$ en sortie des capteurs :

$$\begin{aligned} & \eta_0 \times S_{capteur} \times Isr \times K_\theta - a_1 \times S_{capteur} \times \left(\frac{T_b(h) + T_d(h)}{2} - T_{ext}(h) \right) \\ & - a_2 \times S_{capteur} \times \left(\frac{T_b(h) + T_d(h)}{2} - T_{ext}(h) \right)^2 \\ & = deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w \times (T_b(h) - T_d(h)) \end{aligned} \quad (10)$$

L'équation suivante du second degré est obtenue :

$$coef_a \times X^2 + coef_b \times X + coef_c = 0 \quad (11)$$

Avec

$$X = T_b(h) + T_d(h) \quad (12)$$

$$coef_a = \frac{-a_2 \times S_{capteur}}{4} \quad (13)$$

$$coef_b = a_2 \times S_{capteur} \times T_{ext}(h) - \frac{a_1 \times S_{capteur}}{2} - deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w \quad (14)$$

$$coef_c =$$

$$\begin{aligned} & \eta_0 \times S_{capteur} \times Isr \times K_\theta + a_1 \times S_{capteur} \times T_{ext}(h) - a_2 \times S_{capteur} \times T_{ext}(h)^2 \\ & + 2 \times deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w \times T_d(h) \end{aligned} \quad (15)$$

Cette équation sur X est résolue pour obtenir $T_b(h)$.

Enfin, on détermine la température de retour dans le ballon $T_e(h)$ en appliquant des pertes de réseau. On résout l'équation suivante :

$$U_e \times L_{e,retour} \times \left(\frac{T_b(h) + T_e(h)}{2} - T_{ext}(h) \right) + U_i \times L_{i,retour} \times \left(\frac{T_b(h) + T_e(h)}{2} - T_{amb_sol} \right) \quad (16)$$

$$= deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w \times (T_b(h) - T_e(h))$$

L'équation suivante sur $T_e(h)$ est obtenue :

$$T_e(h) = D \times T_b(h) + E \quad (17)$$

Avec

$$D = \frac{-U_e \times L_{e,retour} - U_i \times L_{i,retour} + 2 \times deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w}{U_e \times L_{e,retour} + U_i \times L_{i,retour} + 2 \times deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w} \quad (18)$$

$$E = \frac{2 \times (U_e \times L_{e,retour} \times T_{ext}(h) + U_i \times L_{i,retour} \times T_{amb_sol})}{U_e \times L_{e,retour} + U_i \times L_{i,retour} + 2 \times deb_{sol}(h) \times C_w \times \rho_w} \quad (19)$$

1.3. Gestion/régulation de la boucle solaire

Une fois les températures déterminées, on peut appliquer les conditions de gestion/régulation de la boucle solaire.

La boucle solaire démarre lorsque la température du ballon est inférieure à la température maximale du ballon qui est de 85°C (θ_{b_max} paramétrable), que la température à la sortie des capteurs ne dépasse pas 95°C ($\theta_{max_capteurs}$ paramétrable) et que la température des capteurs est de 15 °C ($\theta_{regul_solaire}$ paramétrable) supérieure à la température du reflux solaire c'est-à-dire la température du bas du ballon $T_1(Nb_iter)$.

Si $[T_3(Nb_iter) < \theta_{b_max}]$ ET $[T_b(h) < \theta_{max_capteurs}]$ ET $[T_b(h) - T_1(Nb_iter) \geq \theta_{regul_solaire}]$ alors :

$$marche_{sol}(h) = 1 \quad (20)$$

Sinon :

$$marche_{sol}(h) = 0 \quad (21)$$

Les deux pompes solaires se mettent en route durant un temps prédéfini à la mise en service ($t_{mise_en_service}$ paramétrable) puis la pompe n°2 s'arrête.

La pompe n°1 fonctionne alors seule et module en puissance en fonction de la différence de température départ – retour de la boucle solaire ($T_1(Nb_iter) - T_e(h)$).

Si la température des capteurs dépasse 70°C ($\theta_{relance_pompe}$ paramétrable), la fonction booster s'enclenche et les deux pompes fonctionnent alors à 100% de puissance afin d'éviter toute ébullition éventuelle dans les capteurs.

Si la température en sortie des capteurs dépasse 95°C, la boucle solaire s'arrête. Si la température du ballon atteint 85°C, la boucle solaire s'arrête. Si la différence de température entre la sortie des capteurs et le départ de la boucle solaire n'est plus suffisante et inférieure ou égal à 2°C (θ_{stop_boucle} paramétrable), la boucle solaire s'arrête.

Lors de l'arrêt de la boucle solaire, le fluide caloporteur descend par gravité dans le ballon, ce qui protège l'ensemble de la boucle solaire du gel et permet de ne pas utiliser d'autre fluide caloporteur que l'eau du ballon.

2. CONSOMMATION ELECTRIQUE DES AUXILIAIRES DU MODULE

La consommation des auxiliaires de la boucle solaire va dépendre du temps de fonctionnement des deux pompes solaires sachant que lorsque les deux sont en fonctionnement, elles fonctionnent à leur puissance nominale. Lorsqu'il n'y a qu'une pompe en fonctionnement,

celle-ci est à débit variable et module en puissance en fonction de la différence de température départ – retour de la boucle solaire ($T_1(Nb_iter) - T_e(h)$).

Sachant ces indications concernant la consommation des pompes, le temps de fonctionnement de chacune des deux pompes est défini.

Si $marche_{sol}(h-1) = 0$ alors

$$t_{fonc_pompe_princ}(h) = marche_{sol}(h) \quad (22)$$

$$t_{fonc_pompe_sec}(h) = \frac{t_{mise_en_service}}{60} \times marche_{sol}(h) \quad (23)$$

Si $marche_{sol}(h-1) = 1$ alors

$$t_{fonc_pompe_princ}(h) = marche_{sol}(h) \quad (24)$$

$$t_{fonc_pompe_sec}(h) = 0 \quad (25)$$

Pour la consommation de la pompe solaire principale, les formules utilisées sont les suivantes :

$$W_{pompe_princ}(h) = \max(Mod_{circ_sol}(h) \times P_{p_solaire_max} ; P_{p_solaire_min}) \quad (26)$$

$$Mod_{circ_sol}(h) = marche_{sol}(h) \times \left(\frac{deb_{sol}(h)}{deb_{sol_nom}} \right)^{2/3} \quad (27)$$

Pour la consommation de la pompe solaire secondaire, les formules utilisées sont les suivantes :

$$W_{pompe_sec}(h) = P_{p_solaire_max} \quad (28)$$

Pour l'ensemble des auxiliaires de la boucle solaire :

$$W_{aux_boucle_solaire}(h) = W_{pompe_princ}(h) \times t_{fonc_pompe_princ}(h) + W_{pompe_sec}(h) \times t_{fonc_pompe_sec}(h) \quad (29)$$

3. PERTES DE LA BOUCLE SOLAIRE EN VOLUME CHAUFFE

Dans le cas de la boucle solaire, les pertes vers l'ambiance s'expriment de la façon suivante :

$$\phi_{vc}^{BS}(h) = \max \left(\begin{array}{l} U_i \times L_{i,aller} \times \left(\frac{T_1(Nb_iter) + T_d(h)}{2} - T_{amb_sol} \right) \\ + U_i \times L_{i,retour} \times \left(\frac{T_c(h) + T_e(h)}{2} - T_{amb_sol} \right) ; 0 \end{array} \right) \quad (30)$$

ANNEXE 4

FICHE ALGORITHME « BALLON HORS-PRESSION »

I. Introduction

La fiche algorithme permet la prise en compte d'un modèle de ballon hors pression qui assure la totalité de la production d'eau chaude sanitaire et parfois une partie des besoins de chauffage.

Les différents modèles de ballon hors pression pris en compte dans cette modélisation sont les suivants :

- ballons HPSU compact, GCU compact, type HYC ou SC sans solaire couplé à un générateur ;
- ballons HPSU compact, GCU compact, type HYC ou SC en mode CESI ;
- ballons HPSU compact, GCU compact, type HYC ou SC en mode SSC.

Lors d'un couplage avec un système solaire, les différents modèles de ballon sont disponibles en modèle BIV et en modèle DB. Le modèle BIV permet un raccordement avec un système solaire sous pression et se caractérise par la présence d'un échangeur supplémentaire en zone basse du ballon. Le modèle DB pour Drain Back (auto-vidangeable) utilise directement l'eau de stockage du ballon et ne nécessite donc pas d'échangeur supplémentaire.

II. Nomenclature du module ballon hors pression

Les tableaux ci-dessous donnent la nomenclature des différentes variables du modèle de ballon hors pression.

Entrées du module		
Nom	Description	Unité
Tz(h-1) et (h-2)	Température de la zone du ballon numéro z (z=[1 :4]) aux pas de temps précédents	°C
Qreq_ballon_ecs(h)	Demande en ECS transmise au ballon via la gestion/régulation de l'assemblage	Wh
Qw_sto_unit_report(h-1)	Energie non assurée au pas de temps h-1, reportée au pas de temps courant	Wh
Qreq_ballon_ch(h)	Demande de chauffage transmise à l'assemblage via la gestion/régulation de la génération.	Wh
deb_sol(h)	Débit de fluide solaire passant dans la boucle solaire	L/h
Te(h)	Température de retour de la boucle solaire dans le ballon	°C
marche_sol(h)	Indicateur de régulation de la boucle solaire	-
Qfou_solaire_moteur(h)	Energie transférée par la boucle solaire du moteur au ballon hors pression	Wh

Qfou_sto_app(h)	Energie transmise au ballon tampon par l'appoint	Wh
Text(h)	Température extérieure	°C
θamb(h)	Température d'ambiance du lieu où se trouve la génération	°C
θcw(h)	Température de l'eau froide alimentant les systèmes de production d'ECS	°C
Heure_legale	Heure légale	h
θdepart_ecs	Température de départ de la distribution d'ECS	°C

Paramètres intrinsèques du composant				
Nom	Description	Unité	Intervalle	Conv.
Vtot	Volume réel d'eau du ballon hors pression	L	[1 ; +∞[-
statut_donnee_UA	La valeur du coefficient de pertes thermiques du ballon hors pression vers l'ambiance est une donnée : 0 : Certifiée, 1 : Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO, 2 : Par défaut.	-	[0 ; 2]	-
UA_s	Coefficient de pertes thermiques du ballon hors pression	W/K	[0 ; +∞[-
θb_max	Température maximale du ballon hors pression	°C	[70 ; 100]	85
Vtot_app	Volume total du ballon d'appoint	L	[1 ; +∞[-
statut_donnee_UA_app	La valeur du coefficient de pertes thermiques du stockage d'appoint vers l'ambiance est une donnée : 0 : Certifiée, 1 : Justifiée par un essai effectué par un laboratoire « accrédité » sur la base d'une norme ou d'un projet de norme européenne ou ISO, 2 : Par défaut.	-	[0 ; 2]	-
UA_s_app	Coefficient de pertes thermiques du ballon d'appoint	W/K	[0 ; +∞[-
θb_max_app	Température maximale du ballon d'appoint	°C	[70 ; 100]	85
z_app	Numéro de la zone où se l'échangeur d'appoint dans le ballon d'appoint	-	[3 ; 4]	4

V_tot_hx_ecs	Volume total de l'échangeur d'ECS	L	[1 ; +∞[-
z_haut_ecs	Numéro de la zone où se trouve le haut de l'échangeur d'ECS	-	[3 ; 4]	4
z_bas_ecs	Numéro de la zone où se trouve le bas de l'échangeur d'ECS	-	[1 ; 2]	1
θdepart_ch	Température de départ de la distribution de chauffage	°C	[30 ; 70]	-
UA_hx_ch	Coefficient d'échange de l'échangeur de chauffage	W/K	[0 ; +∞[-
z_haut_ch	Numéro de la zone où se trouve le haut de l'échangeur de chauffage	-	[1 ; 4]	1
z_bas_ch	Numéro de la zone où se trouve le bas de l'échangeur de chauffage	-	[1 ; 2]	1
Type_gestion_appoint	Type de gestion du thermostat d'appoint du ballon : 0 : Chauffage permanent 1 : Chauffage de nuit	-	[0 ; 1]	-
Δθc_ap	Hystérésis du système de régulation de l'appoint ou du générateur seul	°C	[0 ; 10]	-
z_haut_charge	Numéro de la zone où se trouve le haut de l'échangeur de charge	-	[3 ; 4]	4
z_bas_charge	Numéro de la zone où se trouve le bas de l'échangeur de charge	-	[1 ; 2]	1
T_confort_ecs	Température minimale à partir de laquelle le puisage chauffage peut s'effectuer dans le cas d'une configuration SSC	°C	[56 ; 70]	-
statut_boucle_solaire	Choix du type de boucle solaire : 0 : Boucle solaire BIV (boucle solaire déjà définie dans la méthode Th-BCE) 1 : Boucle solaire DB (boucle solaire ROTEX) 2 : Pas de boucle solaire	-	[0 ; 2]	1

Sorties		
Nom	Description	Unité
Qw_sto_unit_report(h)	Energie non assurée au pas de temps h, reportée au pas de temps suivant	Wh
Tz_Nbiter_ecs(h)	Température de la zone du ballon hors pression numéro z (z=[1 :4]) à la fin de la boucle itérative de puisage ECS	°C
Tz_Nbiter_app(h)	Température de la zone du ballon d'appoint numéro z (z=[1 :4]) à la fin de la boucle itérative de puisage ECS	°C

Qrest_ch(h)	Energie restante à fournir par le générateur d'appoint pour le chauffage	Wh
Tz_Nbiter_ch(h)	Température de la zone du ballon hors pression numéro z (z=[1 : 4]) à la fin de la boucle itérative de puisage chauffage	°C
Qsol(h)	Energie transférée par la boucle solaire au ballon tampon	Wh
Tz_isol(h)	Température de la zone du ballon numéro z (z=[1 : 4]) à la fin de la boucle itérative de la boucle solaire	°C
Pertes_ballon(h)	Pertes thermiques du ballon hors pression à la fin du pas de temps h	W
Pe_app(h)	Pertes thermiques du ballon d'appoint à la fin du pas de temps h	W
Tz_isol_Nbiterisol(h)	Température de la zone du ballon numéro z (z=[1 : 4]) après prise en compte des pertes thermique du ballon	°C
Tmoy_ech_charge(h)	Température moyenne vu par l'échangeur de charge après les puisages d'énergie et les apports solaires	°C
Tmoy_bal_app(h)	Température moyenne vu par l'échangeur d'appoint dans le ballon d'appoint	°C
Qreq_sto_app	Energie requise à l'appoint pour remonter le ballon jusqu'à sa température de consigne	Wh
Tz(h)	Température de la zone du ballon hors pression numéro z (z=[1 : 4]) au pas de temps h	°C
Tz_app(h)	Température de la zone du ballon d'appoint numéro z (z=[1 : 4]) au pas de temps h	°C

Variables internes		
Nom	Description	Unité
Vz	Volume de la zone z du ballon hors pression (z de 1 à 4, Vz est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	L
Vz'	Volume de la zone z du ballon échangeur (z de 1 à 4, Vz' est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	L
Vz_app	Volume de la zone z du ballon	L

	échangeur (z de 1 à 4, V_app est déterminé une fois pour toutes au début de la modélisation)	
Uz	Coefficient de pertes de la zone z du ballon hors pression	W/K
Uz_app	Coefficient de pertes de la zone z du ballon d'appoint	W/K
Nb_z_ecs	Nombre de zones concernées par l'échangeur d'ECS	-
Qw_sto_unit(i)	Besoins d'énergie requis en entrée du ballon au début de l'itération i	Wh
Vp(i)	Volume puisé dans le ballon échangeur pour l'ECS pendant l'itération i	L
Vp_app(i)	Volume puisé dans le ballon d'appoint pour l'ECS pendant l'itération i	L
Vp(h)	Volume puisé dans le ballon échangeur pour l'ECS au pas de temps h	L
Tz'puis(i)	Température de la zone z du ballon échangeur juste après puisage du volume Vp(i) à l'itération i	°C
Tz_equi(i)	Température d'équilibre entre le ballon échangeur et le ballon hors pression au niveau de la zone z après puisage du volume Vp(i) à l'itération i	°C
Tz_puis_ecs(i)	Température de la zone z du ballon hors pression après puisage du volume Vp(i) dans le ballon échangeur et après équilibre à l'itération i	°C
Tz'(i)	Température de la zone z du ballon échangeur après puisage du volume Vp(i) et après équilibre à l'itération i	°C
Tz_puis_app(i)	Température de la zone z du ballon d'appoint après puisage du volume Vp_app(i) à l'itération i	°C
Pez_app(h)	Pertes de la zone z du ballon d'appoint	W
Tz_pe_app(i)	Température de la zone z du ballon d'appoint après application des pertes du ballon	°C
Nb_z_ch	Nombre de zones concernées par l'échangeur de chauffage	-
θpuis_ch(h)	Température de puisage chauffage avec la prise en compte de l'échangeur de chauffage	°C
Qsto_dispo_ch(h)	Energie disponible dans le ballon pour assurer tout ou partie de la demande d'énergie en chauffage d'un SSC	Wh

Q _{max_puis_ch} (h)	Energie maximale que l'on peut puiser dans le ballon pour assurer tout ou partie de la demande d'énergie en chauffage d'un SSC	Wh
T _{z_puis_ch} (i)	Température de la zone z du ballon hors pression après puisage chauffage	°C
T _{z_Nbiter_ch} (h)	Température de la zone z du ballon hors pression à la fin de phase de puisage chauffage	°C
Q _{sol_int} (h)	Quantité de chaleur solaire potentiellement récupérable	Wh
T _{z_isol} (h)	Température de la zone z du ballon hors pression après application des apports solaires	°c
P _{ez} (h)	Pertes de la zone z du ballon hors pression	W
T _{z_isol_Nbiterisol} (h)	Température de la zone z du ballon hors pression après application des apports solaires et pertes du ballon	°C
Nb _{z_charge}	Nombre de zones concernées par l'échangeur de charge	-
f _{ap} (h)	Programmation de l'appoint (1 autorisé, 0 coupé)	-
Nbh_report_e	Nombre d'heures pendant lequel le report d'énergie est non nul	h
θ _{c_app}	Température de consigne du ballon d'appoint	°C

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
θ _{c_ballon}	Température de consigne du ballon hors pression	°C	55

III. Description mathématique du module

Cette partie établit pour le ballon hors pression :

- ses caractéristiques ;
- l'énergie puisée pour répondre aux besoins ECS et les températures après puisage ;
- l'énergie puisée pour répondre aux besoins de chauffage et les températures après puisage ;
- ses températures après application des apports de chaleur par la boucle solaire et des pertes thermiques du ballon ;

- ses températures après application des apports de chaleur par l'appoint.

Ces différents calculs sont présentés dans leur déroulement chronologique en accord avec les différentes étapes identifiées dans l'assemblage global dans lequel ce module s'inscrit.

1. DESCRIPTION DU BALLON HORS PRESSION

Pour le ballon hors pression, 4 zones de même volume sont considérées :

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = \frac{V_{tot}}{4} \quad (1)$$

De plus le ballon hors pression présente plusieurs échangeurs dont la position dépend du modèle de ballon. Les différents échangeurs sont les suivants :

- l'échangeur d'ECS qui permet la production d'ECS en semi-instantané en puisant dans le ballon l'énergie nécessaire pour répondre aux besoins d'ECS à la température demandée par le réseau de distribution du groupe ou intergroupe ;
- l'échangeur de charge du ballon qui permet à la chaudière à condensation ou à la pompe à chaleur de remonter le ballon en température ;
- l'échangeur de chauffage suivant les modèles ;
- l'échangeur pour la boucle solaire ou pour l'appoint (lorsqu'il n'y a pas de boucle solaire) dans les cas de ballon BIV.

Pour les différents échangeurs les indicateurs suivants sont définis :

- z_bas_ecs et z_haut_ecs : numéro des zones où se trouve le bas et le haut de l'échangeur d'ECS ;
- z_bas_ch et z_haut_ch : numéro des zones où se trouve le bas et le haut de l'échangeur de chauffage ;
- z_bas_charge et z_haut_charge : numéro des zones où se trouve le bas et le haut de l'échangeur de charge.

Les coefficients de pertes de chaque zone sont quant à eux calculés selon la méthode Th-BCE 2012. Les calculs du coefficient de perte du ballon et de chaque zone du ballon sont celles de la méthode Th-BCE.

On considère que le capteur de température du ballon se situe en zone 3, ainsi pour la régulation ce sera la température en zone 3 qui sera considérée.

2. PREMIERE ETAPE : BESOINS D'ECS AUX BORNES DU BALLON HORS PRESSION

Le besoin horaire aux bornes du ballon est égal au besoin horaire augmenté des pertes de réseau calculé par la méthode Th-BCE 2012.

Il est possible de coupler plusieurs assemblages entre eux et ainsi les besoins aux bornes de l'assemblage production stockage sont divisés par le nombre d'assemblage identiques :

$$Q_{req_ballon_ecs}(h) = \frac{Q_{req_ecs}(h)}{Nb_{ballons}} \quad (2)$$

3. ÉTAPE 1TER : BESOINS D'ECS AUX BORNES DE L'ASSEMBLAGE

Cette étape s'inscrit dans le cas d'un assemblage avec appoint dans ballon de stockage séparé. Cet assemblage décrit le couplage de plusieurs ballons solaires hors pression, mais il n'y aura qu'un ballon d'appoint.

Ainsi le besoin horaire aux bornes de l'assemblage est égal au besoin horaire augmenté des pertes de réseau calculé par la méthode Th-BCE 2012, il n'est pas nécessaire de diviser suivant le nombre d'assemblage :

Il est possible de coupler plusieurs assemblages entre eux et ainsi les besoins aux bornes de l'assemblage production stockage sont divisés par le nombre d'assemblage identiques :

$$Q_{req_ballon_ecs}(h) = Q_{req_ecs}(h) \quad (3)$$

4. DEUXIEME ÉTAPE : CALCUL DU VOLUME PUISE ET DES TEMPERATURES APRES PUISAGE POUR L'ECS

Dans cette partie, l'énergie puisée pour répondre aux besoins ECS et les températures du ballon après puisage sont déterminées. Le report d'énergie est également déterminé. Cette étape correspond à la 2^{ème} étape de l'assemblage global.

4.1. Volume puisé pour l'ECS

Pour modéliser le puisage ECS à l'aide d'un échangeur, cet échangeur est modélisé comme un ballon de stockage ECS qui sera situé dans le ballon hors pression et dont le volume correspondra au volume de l'échangeur.

Ce ballon sera modélisé comme un ballon de la méthode Th-BCE avec 4 zones identiques dans lequel l'algorithme de puisage ECS de la méthode Th-BCE est appliqué avec quelques modifications néanmoins. Ces 4 zones seront en contact respectivement avec les 4 zones du ballon hors pression. Pour le ballon échangeur les volumes des différentes zones sont :

$$V_1' = V_2' = V_3' = V_4' = \frac{V_{tot_hx_ecs}}{4} \quad (4)$$

Le nombre d'itérations pour le puisage ECS est défini de la manière suivante :

$$Nb_{iter_ecs} = Arr.inf \left(\frac{Nb_{z_ecs} \times V_{tot}}{V_{tot_hx_ecs}} \right) \quad (5)$$

L'indicateur suivant permet de déterminer sur quelles zones s'étend l'échangeur de puisage ECS :

$$Nb_{z_ecs} = z_{haut_ecs} - z_{bas_ecs} + 1 \quad (6)$$

Pour la première itération (i = 1) :

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{req_ecs}(h) + Q_{w_sto_unit_report}(h-1) \quad (7)$$

Si la demande d'énergie ne peut être satisfaite, l'énergie à puiser sera reportée à l'itération suivante. De plus les températures du ballon échangeur T_z' sont égales aux températures du ballon hors pression T_z au début du pas de temps :

$$T_z'(i-1) = T_z(h-1)$$

Pour z allant de 1 à 4

Si $T_4'(i-1) > \theta_{depart_ecs}$ alors

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{C_w \times \rho_w \times (T_4'(i-1) - \theta_{cw}(h))}; V_4'\right) \quad (8)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - C_w \times \rho_w \times V_p(i) \times (T_4'(i-1) - \theta_{cw}(h)) \quad (9)$$

Sinon

$$V_p(i) = 0 \quad (10)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) \quad (11)$$

La boucle itérative continue tant que $1 < i \leq Nb_{iter_ecs}$ et $Q_{w_sto_unit_report}(i) \neq 0$.

Pour les itérations suivantes :

$$Q_{w_sto_unit}(i) = Q_{w_sto_unit_report}(i-1) \quad (12)$$

Et de même si $T_4'(i-1) > \theta_{depart_ecs}$ alors

$$V_p(i) = \min\left(\frac{Q_{w_sto_unit}(i)}{C_w \times \rho_w \times (T_4'(i-1) - \theta_{cw}(h))}; V_4'\right) \quad (13)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) - C_w \times \rho_w \times V_p(i) \times (T_4'(i-1) - \theta_{cw}(h)) \quad (14)$$

Sinon

$$V_p(i) = 0 \quad (15)$$

$$Q_{w_sto_unit_report}(i) = Q_{w_sto_unit}(i) \quad (16)$$

La boucle itérative sur le volume puisé dans le ballon échangeur se termine ici. La dernière valeur de l'énergie $Q_{w_sto_unit_report}(Nb_{iter_ecs})$ sera reportée au pas de temps suivant.

Le volume total puisé dans le ballon échangeur au pas de temps courant est noté de la manière suivante :

$$V_p(h) = \sum_{i=1}^{Nb_{iter_ecs}} V_p(i) \quad (17)$$

De plus, après chaque puisage $V_p(i)$ il sera nécessaire de calculer les nouvelles températures à l'intérieur du ballon échangeur et du ballon hors pression.

Remarque : Une alerte sur le report d'énergie est définie :

Le nombre d'heures pendant lequel l'énergie reportée est non nulle s'exprime de la façon suivante :

Initialisation : $Nbh_{report_e} = 0$

Si $Q_{w_sto_unit_report}(h) > 0,001$

$$Nbh_{report_e}(h) = Nbh_{report_e}(h-1) + 1$$

Sinon

$$Nbh_{report_e}(h) = Nbh_{report_e}(h-1)$$

Si ce nombre dépasse 24, l'extension affichera une alerte.

4.2. Températures pendant puisage ECS

Le puisage dans le ballon échangeur est représenté comme dans la méthode Th-BCE par un effet piston qui fait remonter les volumes d'eau proportionnellement au volume de puisage.

Après puisage, une zone contient un mélange du volume puisé à la température de la zone inférieure avec le reste de la zone. Cet effet est exprimé comme ci-dessous et la température dans le ballon échangeur après puisage ECS $T'_{z_puis}(i)$ est obtenue :

$$T'_{z_puis}(i) = \frac{T'_z(i-1) \times (V'_z - V_p(i)) + T'_{z-1}(i-1) \times V_p(i)}{V'_z} \quad (18)$$

Pour z allant de 1 à Nb_{z_ecs}

Si $z = 1$ (zone inférieure), $T'_{z-1}(i-1)$ est remplacée par la température de l'eau entrant dans le ballon qui est de l'eau froide à $\theta_{cw}(h)$.

Après avoir calculé la température du ballon échangeur suite au puisage ECS, chaque zone du ballon échangeur étant en contact avec le ballon hors pression plus chaud celui-ci lui transfère de l'énergie. Nous considérons que ce transfert atteindra un équilibre et nous ne tiendrons pas compte du coefficient d'échange de l'échangeur, celui-ci n'apportant qu'une notion temporelle au transfert. La température d'équilibre est définie par la formule suivante :

$$C_w \times \rho_w \times V'_z \times (T'_{z_eq}(i) - T'_{z_puis}(i)) = C_w \times \rho_w \times V_z \times (T_z(h-1) - T'_{z_eq}(i)) \quad (19)$$

$$T'_{z_eq}(i) = \frac{V'_z \times T'_{z_puis}(i) + V_z \times T_z(h-1)}{V'_z + V_z} \quad (20)$$

Pour z allant de 1 à Nb_{z_ecs}

Et ainsi les températures du côté du ballon échangeur $T'_z(i)$ et du ballon hors pression $T_{z_puis_ecs}(i)$ sont :

$$T_{z_puis_ecs}(i) = T'_{z_eq}(i) \quad (21)$$

$$T'_z(i) = T_{z_eq}(i) \quad (22)$$

Une fois ces températures calculées, on applique l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 sur le ballon hors pression.

Et les températures du ballon hors pression à la fin de cette étape sont :

$$T_{z_Nbiter_ecs}(h) = T_{z_puis_ecs}(Nb_{iter_ecs}) \quad (23)$$

Pour z variant de 1 à Nb_{z_ecs}

5. ÉTAPE 2BIS : CALCUL DE L'ÉNERGIE FOURNIE ET DES TEMPÉRATURES APRES PUISAGE POUR LE CHAUFFAGE

Après avoir répondu aux besoins d'ECS, le ballon tampon peut servir à assurer une partie des besoins de chauffage. Dans cette partie la quantité d'énergie fournie par le ballon pour assurer le besoin de chauffage et les températures à l'intérieur du ballon après puisage seront déterminées. Cette étape correspond à l'étape 2bis de l'assemblage global.

5.1. Énergie puisée dans le ballon hors pression pour le chauffage

Pour répondre aux besoins de chauffage, le puisage pour le chauffage s'effectue de la même manière que le puisage pour le chauffage définit dans la méthode Th-BCE.

Ainsi on considère que l'énergie puisée dans le ballon par l'échangeur de chauffage ne pourra excéder l'énergie contenue dans la zone sur laquelle l'échangeur de chauffage est présent et à condition que la température de l'eau chaude du ballon soit supérieure à la température attendue par la génération pour le chauffage et supérieure à la température de confort ECS du ballon pour toujours garantir une production ECS suffisante.

Ainsi :

Si $T_{z_Nbitier_ecs}(h) > \theta_{puis_ch}(h)$ et $T_{z_Nbitier_ecs}(h) > T_{confort_ecs}$

$$Q_{sto_dispo_ch}(h) = \sum_{z_bas_ch}^{z_haut_ch} [C_w \times \rho_w \times V_z \times \max(T_{z_Nbitier_ecs}(h) - \max(T_{confort_ecs}; \theta_{puis_ch}(h)); 0)] \quad (24)$$

$$\text{Avec } \theta_{puis_ch}(h) = \theta_{depart_ch} + \frac{Q_{req_ch}(h)}{UA_{hx_ch}} \quad (25)$$

De plus au pas de temps h, l'énergie maximale qu'il est possible de puiser dans le ballon s'exprime de la manière suivante :

$$Q_{max_puis_ch}(h) = \min(Q_{req_ch}(h); Q_{sto_dispo_ch}(h)) \quad (26)$$

Et enfin si $Q_{req_ch}(h) > 0$ alors

$$Q_{puis_ch}(h) = Q_{max_puis_ch}(h) \quad (27)$$

$$Q_{rest_ch}(h) = Q_{req_ch}(h) - Q_{puis_ch}(h) \quad (28)$$

Sinon

$$Q_{puis_ch}(h) = 0 \quad (29)$$

$$Q_{rest_ch}(h) = Q_{req_ch}(h) \quad (30)$$

Pour le premier pas de temps $Q_{rest_ch}(1) = 0$.

5.2. Températures après puisage chauffage

Pour déterminer les températures après puisage, le puisage d'énergie pour le chauffage s'effectue dans la zone la plus haute de l'échangeur de chauffage :

$$T_{z_puis_ch}(h) = T_{z_Nbitier_ecs}(h) - \left(\frac{Q_{puis_ch}(h)}{C_w \times \rho_w \times V_z} \right) \quad (31)$$

Avec $z = z_{haut_ch}$

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 est appliqué.

Et les températures à la fin de cette étape sont :

$$T_{z_Nbitier_ch}(h) = T_{z_puis_ch}(h) \quad (32)$$

Pour z variant de 1 à 4.

6. ÉTAPE 2TER : CALCUL DU VOLUME PUISE ET DES TEMPÉRATURES APRES PUISAGE POUR L'ECS DANS LE CAS D'UN APPOINT DANS UN BALLON DE STOCKAGE SEPRE

6.1. Caractéristiques du ballon d'appoint

Les calculs des volumes de chacune des 4 zones du ballon et de leur coefficient de perte ne changent pas, c'est la méthode Th-BCE 2012 qui est appliquée dans ce calcul.

6.2. Volume puisé pour l'ECS

Les mêmes étapes de la méthode Th-BCE sont appliquées ici. D'abord l'algorithme de puisage est appliqué au ballon d'appoint pour répondre au besoin d'ECS avec le calcul du volume puisé $V_{p_app}(i)$ avec les hypothèses suivantes :

- $V_{p_app}(i)$ doit être inférieur à la somme des zones supérieures des ballons échangeur de chaque ballon hors pression :

$$V_{p_app}(i) < Nb_{ballons} \times V_4'$$

- le nombre d'itérations est égal au nombre d'itérations défini dans la deuxième étape.

Par la suite, l'algorithme de puisage propre au ballon hors pression est appliqué en considérant que le volume puisé dans le ballon échangeur est égal au volume puisé dans le ballon d'appoint divisé par le nombre de ballons :

$$V_p(i) = \frac{V_{p_app}(i)}{Nb_{ballons}} \quad (33)$$

Remarque : une alerte sur le report d'énergie a été rajouté.

Le nombre d'heures consécutives pendant lequel l'énergie reportée est non nulle s'exprime de la façon suivante :

Initialisation : $Nbh_{report_e} = 0$

Si $Q_{w_sto_unit_report}(h) > 0,001$

Si $Nbh_{report_e}(h-1) \neq 0$

$$Nbh_{report_e}(h) = Nbh_{report_e}(h-1) + 1$$

Sinon

$$Nbh_{report_e}(h) = 1$$

Sinon

$$Nbh_{report_e}(h) = 0$$

Si ce nombre dépasse 5, l'extension affichera une alerte.

6.3. Températures pendant puisage ECS

Le volume puisé pour répondre au besoin est calculé puis les températures à l'intérieur du ballon d'appoint en considérant que l'eau entrant dans la partie basse du ballon d'appoint provient du ballon échangeur et donc à la température $T_4'(i-1)$.

Pour le ballon d'appoint les températures suivantes sont alors :

$$T_{z_puis_app}(i) = \frac{T_{z_puis_app}(i-1) \times (V_{z_app} - V_{p_app}(i)) + T_{(z-1)_puis_app}(i-1) \times V_{p_app}(i)}{V_{z_app}} \quad (34)$$

Pour z allant de 1 à 4

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 sur le ballon d'appoint est appliqué.

Et les températures du ballon d'appoint à la fin de cette étape sont :

$$T_{z_Nbiter_app}(h) = T_{z_puis_app}(Nb_{iter_ecs}) \quad (35)$$

Pour z variant de 1 à 4.

Pour les températures dans le ballon échangeur et le ballon hors pression, les mêmes équations définies dans la deuxième étape seront reprises.

7. TROISIEME ETAPE : CALCUL DE LA BOUCLE SOLAIRE

A partir du rayonnement solaire, l'énergie solaire potentiellement récupérable pour le ballon hors pression est calculée.

Pour cette étape, la fiche algorithmique de la « *Module solaire* » sera utilisée.

La fiche permettra d'obtenir :

- les températures et le débit circulant dans la boucle solaire ;
- les pertes thermiques vers l'ambiance de la boucle solaire $\phi_{vc}^{BS}(h)$;
- les consommations électriques des auxiliaires de la boucle solaire $W_{aux_boucle_solaire}(h)$.

Il est également possible d'utiliser la boucle solaire définie dans la méthode Th-BCE. Dans ce cas le composant renvoie :

$$Q_{fou_solaire_moteur}(h)$$

8. QUATRIEME ETAPE : APPLICATION DES APPORTS SOLAIRES ET DES PERTES THERMIQUES DU BALLON

8.1. Apports solaires

Après avoir déterminé les températures après puisage pour l'ECS et pour le chauffage lorsque le ballon couvre également les besoins de chauffage, dans cette partie la nouvelle gamme de températures après la prise en compte des apports solaires et des pertes du ballon sera déterminée.

Contrairement à la méthode Th-BCE 2012, l'application des apports de chaleur par le solaire va se faire dans plusieurs zones du ballon en fonction de la température de retour de la boucle solaire dans le ballon hors pression.

La quantité de chaleur potentiellement récupérable un niveau d'un ballon est calculée (lorsque toutes les conditions sont réunies pour que la boucle solaire fonctionne) :

$$Q_{sol}^{int}(h) = \frac{C_w \times \rho_w \times deb_{sol}(h) \times (T_e(h) - T_{1_Nbiter_ecs}(h))}{Nb_{ballons}} \quad (36)$$

Si $marche_{sol}(h) = 1$ alors l'échange se fait :

$$Q_{sol}(h) = Q_{sol}^{int}(h) \quad (37)$$

Selon la température de retour des capteurs, le retour se fait soit en zone 1, soit en zone 2 ou soit en zone 3 du ballon. Si la température de retour est inférieure à 30°C, le retour se fait en zone 1. Si la température de retour est comprise entre 30 et 70°C, le retour se fait en zone 2. Si elle est supérieure à 70 °C, le retour se fait en zone 3.

Si $T_e(h) < 30$ alors :

$$\begin{aligned} T_{4_isol}(h) &= T_{4_Nbiter}(h) \\ T_{3_isol}(h) &= T_{3_Nbiter}(h) \\ T_{2_isol}(h) &= T_{2_Nbiter}(h) \end{aligned} \quad (38)$$

$$T_{1_isol}(h) = T_{1_Nbiter}(h) + \frac{Q_{sol}(h)}{C_w \times \rho_w \times (V_1 + V_1')}$$

Si $30 \leq T_e(h) < 70$

$$\begin{aligned} T_{4_isol}(h) &= T_{4_Nbiter}(h) \\ T_{3_isol}(h) &= T_{3_Nbiter}(h) \end{aligned} \quad (39)$$

$$T_{2_isol}(h) = T_{2_Nbiter}(h) + \frac{Q_{sol}(h)}{C_w \times \rho_w \times (V_2 + V_2')}$$

$$T_{1_isol}(h) = T_{1_Nbiter}(h)$$

Si $T_e(h) \geq 70$

$$T_{4_isol}(h) = T_{4_Nbiter}(h)$$

$$T_{3_isol}(h) = T_{3_Nbiter}(h) + \frac{Q_{sol}(h)}{C_w \times \rho_w \times (V_3 + V_3')} \quad (40)$$

$$T_{2_isol}(h) = T_{2_Nbiter}(h)$$

$$T_{1_isol}(h) = T_{1_Nbiter}(h)$$

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 est appliqué.

Sinon :

Il n'y a pas d'échange :

$$Q_{sol}(h) = 0 \quad (41)$$

$$T_{4_isol}(h) = T_{4_Nbiter}(h)$$

$$T_{3_isol}(h) = T_{3_Nbiter}(h) \quad (42)$$

$$T_{2_isol}(h) = T_{2_Nbiter}(h)$$

$$T_{1_isol}(h) = T_{1_Nbiter}(h)$$

De plus il est possible d'utiliser la boucle solaire de la méthode Th-BCE. Dans ce cas le calcul des températures après la prise en compte des apports solaires se fait de la manière suivante :

$$T_{4_isol}(h) = T_{4_Nbiter}(h)$$

$$T_{3_isol}(h) = T_{3_Nbiter}(h)$$

$$T_{2_isol}(h) = T_{2_Nbiter}(h) \quad (43)$$

$$T_{1_isol}(h) = T_{1_Nbiter}(h) + \frac{Q_{fou_solaire_moteur}(h)}{C_w \times \rho_w \times (V_1 + V_1')}$$

Dans le cas d'un raccordement de plusieurs ballons à une unique boucle solaire, les apports solaires du moteur sont à diviser par le nombre de ballons hors pression.

$$Q_{fou_solaire_moteur}(h) \leftarrow \frac{Q_{fou_solaire_moteur}(h)}{Nb_{ballons}}$$

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 est appliqué.

8.2. Pertes ballon

Après la prise en compte des apports solaires, les pertes du ballon à appliquer à chaque zone puis les températures après application des pertes du ballon sont déterminées :

$$Pe_z(h) = U_z \times [T_z(h-1) - \theta_{amb}(h)] \quad (44)$$

Pour z variant de 1 à 4.

Et les températures à la fin de cette étape sont :

$$T_{z_isol_Nbiterisol}(h) = T_{z_isol}(h) - \frac{Pe_z(h)}{C_w \times \rho_w \times (V_z + V'_z)} \quad (45)$$

Pour z variant de 1 à 4.

Une fois ces températures calculées, **l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012** est appliqué et les pertes thermiques horaires du ballon sont calculées :

$$Pe(h) = \sum_{z=1}^4 Pe_z(h) \quad (46)$$

Et enfin pour finir, la température moyenne du ballon hors pression vue par l'échangeur de charge est recalculée de la même façon que la méthode Th-BCE, cette température sera renvoyée au générateur d'appoint.

Pour cela l'indicateur suivant est défini et permet de déterminer sur quelles zones s'étend l'échangeur de charge :

$$Nb_{z_charge} = z_{haut_charge} - z_{bas_charge} + 1 \quad (47)$$

Suivant la valeur de cet indicateur qui peut varier de 2 à 4 pour l'échangeur de charge, la moyenne temporelle des températures de chaque zone au pas de temps précédent et après la prise en compte des apports solaires est déterminée :

$$T_{moy_ech_charge}(h) = \frac{\sum_{z=z_{bas_charge}}^{z_{haut_charge}} \frac{T_z(h-1) + T_{z_isol_Nbiterisol}(h)}{2}}{Nb_{z_charge}} \quad (48)$$

Néanmoins, étant donné la stratification du ballon hors pression et sachant que cette température correspond à la température renvoyée au générateur pour le calcul de ces consommations, uniquement la zone haute de l'échangeur est considérée pour le calcul de la température moyenne. La formule suivante est donc obtenue, la zone considérée étant la zone haute de l'échangeur (zone 3 ou 4) :

$$T_{moy_ech_charge}(h) = \frac{T_z(h-1) + T_{z_isol_Nbiterisol}(h)}{2} \quad (49)$$

9. CINQUIEME ETAPE : CALCUL DE L'ENERGIE A FOURNIR PAR L'APPOINT

9.1. Calcul de l'indice de programmation de l'appoint du ballon : f_ap

Selon le principe de gestion du générateur d'appoint (fonctionnement de nuit ou fonctionnement permanent), il est autorisé ou non de fournir de l'énergie au ballon.

Si $type_gestion_appoint = 1$ alors

si $23 < Heure_legal < 5$ alors

$$f_{ap}(h) = 1 \quad (50)$$

Sinon

$$f_{ap}(h) = 0 \quad (51)$$

Sinon

$$f_{ap}(h) = 1 \quad (52)$$

9.2. Calcul de l'énergie requise au niveau de l'appoint

Si $f_{ap}(h) = 0$ alors

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = 0 \quad (53)$$

Dans le cas contraire, $Q_{req_sto_appoint}(h)$ est calculé comme suit.

Le dispositif de régulation du ballon se base sur la température relevée par la sonde de température qui se trouve au milieu du ballon. Le dispositif chauffant devra se déclencher si :

$$T_{3_isol_Nbiterisol}(h) < \theta_{c_ballon} - \Delta\theta_{c_ap} \quad (54)$$

Ou

$$\theta_{c_ballon} - \Delta\theta_{c_ap} \leq T_3(h-1) < \theta_{c_ballon} \text{ et } T_3(h-2) \leq T_3(h-1) \quad (55)$$

Les deux dernières conditions sont introduites pour tenir compte de l'hystérésis de la régulation.

L'énergie requise à fournir par l'appoint est donnée par les équations suivantes :

$$Q_{req_sto_appoint_zone_3}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times (V_3 + V'_3) \times (\theta_{c_ballon} - T_{3_isol_Nbiterisol}(h)); 0] \quad (56)$$

$$Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times (V_4 + V'_4) \times (\theta_{c_ballon} - T_{4_isol_Nbiterisol}(h)); 0] \quad (57)$$

$$Q_{req_sto_appoint_zone_1}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times (V_1 + V'_1) \times (\theta_{c_ballon} - T_{1_isol_Nbiterisol}(h)); 0] \quad (58)$$

$$Q_{req_sto_appoint_zone_2}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times (V_2 + V'_2) \times (\theta_{c_ballon} - T_{2_isol_Nbiterisol}(h)); 0] \quad (59)$$

Si le système est un système CESI ou SSC alors

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = Q_{req_sto_appoint_zone_3}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) \quad (60)$$

Si le système est un système base seule ou thermodynamique à appoint électrique

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = Q_{req_sto_appoint_zone_1}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_2}(h) \\ + Q_{req_sto_appoint_zone_3}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) \quad (61)$$

Sinon

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = 0 \quad (62)$$

10. ÉTAPE 5TER : CALCUL DE L'ÉNERGIE A FOURNIR PAR L'APPOINT DANS LE CAS D'UN APPOINT DANS UN BALLON DE STOCKAGE SEPARÉ

10.1. Prise en compte des pertes du ballon d'appoint

Dans ce paragraphe les pertes du ballon à appliquer à chaque zone puis les températures après application des pertes du ballon sont calculées :

$$Pe_{z_app}(h) = U_z \times [T_{z_app}(h-1) - \theta_{amb}(h)] \quad (63)$$

Pour z variant de 1 à 4.

Et les températures à la fin de cette étape sont :

$$T_{z_pe_app}(h) = T_{z_Nbiter_app}(h) - \frac{Pe_{z_app}(h)}{C_w \times \rho_w \times V_{z_app}} \quad (64)$$

Pour z variant de 1 à 4.

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 est appliqué et les pertes thermiques horaires du ballon d'appoint sont calculées :

$$Pe_{app}(h) = \sum_{z=1}^4 Pe_{z_app}(h) \quad (65)$$

Et enfin pour finir, la température moyenne du ballon d'appoint est déterminée de la même façon que la méthode Th-BCE, cette température sera renvoyée au générateur d'appoint. La moyenne temporelle des températures de la zone de l'appoint au pas de temps précédent et après la prise en compte des pertes du ballon d'appoint est déterminée :

$$T_{moy_bal_app}(h) = \frac{T_{z_ap}(h-1) + T_{z_pe_app}(h)}{2} \quad (66)$$

10.2. Calcul de l'indice de programmation de l'appoint du ballon : f_ap

Les mêmes équations que celles définies à la cinquième étape sont reprises.

10.3. Calcul de l'énergie requise au niveau de l'appoint

Si $f_{ap}(h) = 0$ alors

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = 0 \quad (67)$$

Dans le cas contraire, $Q_{req_sto_appoint}(h)$ est calculé comme suit.

Le dispositif de régulation du ballon se base sur la température relevée par la sonde de température de régulation de l'appoint qui se trouve dans la zone où se trouve l'appoint. Le dispositif chauffant devra se déclencher si :

$$T_{(z_app)_pe_app}(h) < \theta_{c_app} - \Delta\theta_{c_ap} \quad (68)$$

Ou

$$\theta_{c_app} - \Delta\theta_{c_ap} \leq T_{(z_app)_app}(h-1) < \theta_{c_app} \text{ et } T_{(z_app)_app}(h-2) \leq T_{(z_app)_app}(h-1) \quad (69)$$

Les deux dernières conditions sont introduites pour tenir compte de l'hystérésis de la régulation.

L'énergie requise à fournir par l'appoint est donnée par les équations suivantes :

$$Q_{req_sto_appoint_zone_3}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times V_{3_app} \times (\theta_{c_app} - T_{3_pe_app}(h)); 0] \quad (70)$$

$$Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times V_4 \times (\theta_{c_app} - T_{4_pe_app}(h)); 0] \quad (71)$$

$$Q_{req_sto_appoint_zone_1}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times V_{1_app} \times (\theta_{c_app} - T_{1_pe_app}(h)); 0] \quad (71-1)$$

$$Q_{req_sto_appoint_zone_2}(h) = \max[C_w \times \rho_w \times V_{2_app} \times (\theta_{c_app} - T_{2_pe_app}(h)); 0] \quad (71-2)$$

Si $z_{app} = 4$ alors

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) \quad (72)$$

Si $z_{app} = 3$ alors

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = Q_{req_sto_appoint_zone_3}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) \quad (73)$$

Si $z_{app} = 2$ alors

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = Q_{req_sto_appoint_zone_2}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_3}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) \quad (74)$$

Si $z_{app} = 1$ alors

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = Q_{req_sto_appoint_zone_1}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_2}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_3}(h) + Q_{req_sto_appoint_zone_4}(h) \quad (75)$$

Sinon

$$Q_{req_sto_appoint}(h) = 0 \quad (76)$$

11. SIXIEME ETAPE : CALCUL DES TEMPERATURES A LA FIN DU PAS DE TEMPS H

Enfin dans cette partie la gamme de températures après prise en compte de l'apport d'énergie de l'appoint est déterminée. A cette étape, les pertes déjà comptabilisées, sont supposées nulles. Seule l'énergie fournie par l'appoint dans la zone prévue sera intégrée au calcul des températures du ballon.

Pour déterminer les températures après application de l'apport d'énergie de l'appoint, il est supposé que l'apport d'énergie se fait au niveau de la zone supérieure de l'échangeur de charge, ainsi :

Si $Q_{fou_sto_ap}(h) > 0$ et si le système est un système CESI ou SSC alors

$$T_3(h) = T_{3_isol_Nbiterisol}(h) + \frac{Q_{fou_sto_app}(h)}{C_w \times \rho_w \times (V_3 + V_3')} \quad (77)$$

Si $Q_{fou_sto_ap}(h) > 0$ et si le système est système base seule ou thermodynamique à appoint électrique alors

$$T_1(h) = T_{1_isol_Nbiterisol}(h) + \frac{Q_{fou_sto_app}(h)}{C_w \times \rho_w \times (V_1 + V_1')} \quad (78-1)$$

Sinon

$$T_3(h) = T_{3_isol_Nbiterisol}(h) \quad (79)$$

$$T_1(h) = T_{1_isol_Nbiterisol}(h) \quad (80)$$

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 est appliqué et les températures du ballon $T_z(h)$ à la fin du pas de temps h sont obtenues.

12. ÉTAPE 6TER : CALCUL DES TEMPERATURES A LA FIN DU PAS DE TEMPS H

Enfin pour finir les températures à la fin du pas de temps dans le ballon d'appoint et le ballon hors pression sont calculées.

Pour déterminer les températures après application de l'apport d'énergie de l'appoint, il est supposé que l'apport d'énergie se fait au niveau de la zone d'appoint :

$$T_{(z_app)_app}(h) = T_{(z_app)_pe_app}(h) + \frac{Q_{jou_sto_app}(h)}{C_w \times \rho_w \times V_{(z_app)_app}} \quad (81)$$

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 est appliqué et les températures du ballon d'appoint $T_{z_app}(h)$ à la fin du pas de temps h sont obtenues.

Pour le ballon hors pression, les températures à la fin du pas de temps sont égales aux températures après application des pertes du ballon :

$$T_z(h) = T_{z_isol_Nbiterisol}(h) \quad (82)$$

Pour z variant de 1 à 4.

Une fois ces températures calculées, l'algorithme de mélange des zones proposé par la méthode Th-BCE 2012 est appliqué et les températures du ballon hors pression $T_z(h)$ à la fin du pas de temps h sont obtenues.

ANNEXE 5

Post traitement pour la prise en compte de l'appoint thermodynamique

1. INTRODUCTION

Cette annexe décrit la méthodologie et les calculs considérés dans l'outil de post-traitement des appoints thermodynamiques. Cette méthodologie prend en compte les systèmes solaires de type CESI et SSC. Dans le cas d'une configuration CESI, l'appoint thermodynamique peut-être mono ou double service alors que dans le cas d'une configuration SSC l'appoint thermodynamique est double service. De plus les machines thermodynamiques considérées sont les systèmes thermodynamiques à compression électrique air extérieur/eau.

2. METHODOLOGIE GENERALE

A partir du calcul initial les consommations mensuelles en énergie primaire liées à la consommation d'eau chaude sanitaire, au chauffage et à la boucle solaire sont obtenues.

A partir de ces consommations mensuelles, qui correspondent aux besoins, sont reconstruit les profils de puisage ECS et chauffage pour obtenir des besoins au pas de temps horaire. Une pompe à chaleur mono ou double service est par la suite modélisée permettant de prendre en compte les variations dynamiques des performances au pas de temps horaire.

Les différentes étapes de la prise en compte des appoints thermodynamiques sont les suivantes :

- Etape 1 : calcul initial Th-BCE + Titre V ED Rotex-Daikin avec les données du projet : ballon hors pression et système solaire avec puissance pompes solaires non nulle.
 - Si le système est un CESI : l'appoint du ballon solaire est un appoint électrique.
 - Si le système est un SSC : l'appoint du ballon solaire est une chaudière gaz parfaite dont les caractéristiques sont les suivantes :
 - $P_n = P_{int} = 1000 \text{ kW}$
 - $R_{pn} = R_{pint} = 100\%$ (valeurs certifiées)
 - $Q_{p030} = 0 \text{ W}$
 - $P_{aux_nom} = 0 \text{ W}$
 - $P_{veille} = 0 \text{ W}$
- Etape 2 : refaire l'Etape 1 en considérant la puissance des pompes solaires comme nulle afin de distinguer l'énergie fournie par l'appoint et l'énergie consommée par les auxiliaires de la boucle solaire.
- Etape 3 : utilisation de l'outil de post-traitement
 - Saisir les données relatives au projet, au ballon hors pression, à l'émission chauffage et à la pompe à chaleur
 - Saisir les consommations mensuelles pour le chauffage et l'ECS obtenues aux étapes 1 et 2.
 - Lancer le calcul pour obtenir les nouveaux Cep ECS et chauffage et le Cep total.

La méthodologie de calcul horaire et des hypothèses considérées sont détaillées ci-après.

3. DONNEES A SAISIR DANS L'OUTIL

3.1. Données du projet

Des données relatives au calcul initial doivent être saisies :

- SHON RT (m²)
- Zone climatique
- Altitude (m)
- Type de système (« CESI » ou « SSC »)
- Service du générateur (« ECS » ou « ECS et chauffage »)
- Nombres de générateurs identiques

Elles doivent correspondre avec celles saisies dans le logiciel règlementaire.

3.2. Données générales en ECS

Des données relatives au système de production d'ECS et chauffage doivent être saisies :

- Volume du ballon concerné par l'appoint V_{ap} (litres)
- Coefficient d'échange de l'échangeur de charge UA_{hx_charge} (W/K)
- Présence ou absence d'un réseau intergroupe d'ECS bouclé

S'il y a présence d'un réseau intergroupe d'ECS bouclé, les données suivantes sont à saisir :

- Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé en volume chauffé (m)
- Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé hors volume chauffé (m)
- Coefficient de transfert thermique linéique spécifique de la distribution intergroupe d'ECS (W/(m.K))
- Coefficient de prise en compte d'un espace tampon

3.3. Données générales en chauffage

Dans le cas d'un système SSC, des données supplémentaires doivent être saisies :

- $T_{départ_chauffage}$: température de départ nominale du réseau de chauffage (°C)
- La chute de température nominale du réseau de chauffage (°C)
- La typologie d'émetteur

Ces données doivent correspondre avec celles saisies dans le logiciel règlementaire.

3.4. Caractéristiques générales de la pompe à chaleur

Les caractéristiques du système thermodynamique à saisir sont identiques à celles considérées dans le logiciel règlementaire :

- Fonctionnement du compresseur
- Statut des données en mode continu
- Pourcentage minimal de charge en fonctionnement continu
- Correction de performance en fonction de la charge minimale
- Statut de la part de la puissance des auxiliaires
- Pourcentage de la puissance électrique des auxiliaires dans la puissance électrique totale
- Type de limite de température
- Température minimale amont en mode chaud où la machine ne fonctionne plus
- Température maximale aval en mode chaud où la machine ne fonctionne plus

Dans le cas d'une configuration CESI et d'un générateur double service, ces données doivent correspondre avec celles saisies dans le logiciel réglementaire pour le générateur en mode chauffage.

3.5. Performances de la pompe à chaleur en ECS

La saisie des performances en ECS se fait de la même façon que dans le logiciel réglementaire. Les données suivantes doivent être saisies :

- Statut COP 7/45
- COP 7/45
- P absorbée 7/45

Si d'autres valeurs de performances sont disponibles, il est possible de les saisir en choisissant :

- Les températures de source Amont en ECS
- Les températures de source Aval en ECS
- Statut du COP saisi

Lors de la saisie des performances, il faudra faire attention à remplir le tableau correctement en n'oubliant pas de saisir les performances pour toutes les températures sélectionnées.

Néanmoins le processus de certification en mode ECS des pompes à chaleur couplées à un ballon hors pression étant en cours d'évolution suite à des échanges avec la DHUP et le CSTB, les valeurs de performances seront saisies pour le moment avec le statut « valeurs déclarées ».

Il est possible de saisir des valeurs certifiées ou justifiées dans le cas d'une évolution du processus de certification qui permettra de prendre en compte les valeurs certifiées ou justifiées.

3.6. Performances de la pompe à chaleur en chauffage

Pour une configuration SSC, la saisie des performances en chauffage se fait de la même façon que dans le logiciel réglementaire. Les données suivantes doivent être saisies :

- Statut COP 7/32,5
- COP 7/32,5
- P absorbée 7/32,5

Si d'autres valeurs de performances sont disponibles, il est possible de les saisir en choisissant :

- Les températures de Source Amont en chauffage
- Les températures de Source Aval en chauffage
- Statut du COP saisi

Lors de la saisie des performances, il faudra faire attention à remplir le tableau correctement en n'oubliant pas de saisir les performances pour toutes les températures sélectionnées.

Pour une configuration CESI et d'un générateur double service, il est juste nécessaire de renseigner les données relatives à la valeur pivot en chauffage :

- Statut COP 7/32,5
- COP 7/32,5
- P absorbée 7/32,5

Il est nécessaire de renseigner les données relatives aux performances de chauffage dans l'outil car la puissance des auxiliaires est calculée en fonction de la puissance absorbée en mode chauffage.

Voici ci-dessous la formule provenant de la fiche algorithme « C_Gen_Pompe à chaleur à compression électrique double service à fonctionnement alterné » du Titre V système PAC elec DS :

« Par ailleurs, le Taux_ch permet de calculer en début de simulation la puissance d'auxiliaires de la PAC, par rapport à la puissance absorbée à pleine charge en chauffage au point pivot :

$$P_{aux_commune} = Taux_{ch} \times Pabs_{pivot}$$

Ces données doivent correspondre avec celles saisies dans le logiciel règlementaire pour le générateur en mode chauffage.

Il est à noter qu'il n'y a pas de restriction sur le statut des performances des pompes à chaleur en mode chauffage (certification NF14511 possible).

3.7. Résultats du calcul initial

Les résultats suivants sont obtenus des calculs initiaux :

- Cep_ecl_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_aux_ventilateur_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_aux_distribution_annuel (kWhep/m².an)
- Cep_fr_annuel (kWhep/m².an)
- Consommations¹ mensuelles d'ECS en considérant les puissances de pompes nulles et non nulles (kWhep/m²)
- Consommations mensuelles de chauffage en considérant les puissances de pompes nulles et non nulles (kWhep/m²)

4. CALCUL DYNAMIQUE HORAIRE

4.1. Nomenclature

Pour une meilleure compréhension du calcul dynamique horaire, la nomenclature suivante regroupe l'ensemble des variables saisies, internes et des constantes avec leur définition.

Saisies de l'outil		
Nom	Description	Unité
SHON RT	SHON RT du bâtiment	m ²
Zone climatique	Zone climatique du projet	-
Altitude	Altitude du projet	m
Type système	Type de système : - CESI - SSC	-
Id_Fou_Gen	Service du générateur : - 3 : ECS - 4 : ECS et chauffage	-
Rdim	Nombres de générateurs identiques	-
Vap	Volume du ballon concerné par	Litres

¹ Ces consommations correspondent aux consommations du système d'appoint.

	l'appoint	
UA_hx_charge	Coefficient d'échange de l'échangeur de charge	W/K
Réseau intergroupe bouclé ECS	Présence d'un réseau intergroupe d'ECS bouclé : - oui - non	-
L_vc_prim_bcl_e	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé en volume chauffé	m
L_hvc_prim_bcl_e	Longueur totale du réseau de distribution intergroupe bouclé hors volume chauffé	m
U_prim_e	Coefficient de transfert thermique linéique spécifique de la distribution intergroupe d'ECS	W/(m.K)
b_therm	Coefficient de prise en compte d'un espace tampon	-
Tdépart_nom_chauffage	Température de départ nominale du réseau de chauffage	°C
Chute_temp_nom_chauffage	La chute de température nominale du réseau de chauffage	°C
Typo emet	La typologie d'émetteur : - Planchers et plafonds chauffant intégrés au bâti (inertie forte) - Radiateurs ou plafonds chauffants d'inertie moyenne - Ventilateurs convecteurs ou plafonds chauffants d'inertie faible - Système à air	-
Fonc_compr	Fonctionnement du compresseur : - Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle marche arrêt du compresseur - Fonctionnement en cycle marche arrêt du compresseur - Valeur par défaut	-
Statut des données en mode continu	Statut des données en mode continu : - Valeurs par défaut - Valeurs justifiées - Valeurs certifiées	-
LR_contmin	Pourcentage minimal de charge en fonctionnement continu	%
CCP_LR_contmin	Correction de performance en fonction	-

	de la charge minimale	
Statut de la part de la puissance des auxiliaires	Statut de la part de la puissance des auxiliaires : - Valeur par défaut - Valeur justifiée - Valeur certifiée	-
Taux	Pourcentage de la puissance élec. des auxiliaires dans la puiss. Élec. Totale	%
Lim_theta	Type de limite de température : - Pas de limite - Limite sur l'une ou l'autre des températures de source - Limite sur les températures des deux sources simultanément	-
theta_min_am	Temp. min amont en mode chaud où la machine ne fonctionne plus	°C
theta_max_av	Temp. maxi aval en mode chaud où la machine ne fonctionne plus	°C
Statut COP 7/45	Statut du COP au point pivot ECS	-
COP 7/45	Valeur du COP au point pivot ECS	-
P absorbée 7/45	Puissance absorbée au point pivot ECS	kW
Autres valeurs COP disponibles en ECS	Autres valeurs COP disponibles en ECS : - Oui - Non	-
Températures Source Amont en ECS	Températures de la source amont pour lesquelles le COP et Pabs sont connues : 7°C 2°C; 7°C 2°C; 7°C; 20°C -7°C; 2°C; 7°C; 20°C -7°C; 2°C; 7°C; 20°C; 35°C	°C
Températures Source Aval en ECS	Températures de la source aval pour lesquelles le COP et Pabs sont connues : 45°C 35°C; 45°C 25°C; 35°C; 45°C 25°C; 35°C; 45°C; 55°C 15°C; 25°C; 35°C; 45°C; 55°C 15°C; 25°C; 35°C; 45°C; 55°C; 65°C 5°C; 15°C; 25°C; 35°C; 45°C; 55°C;	°C

	65°C	
Matrice COP/Pabsorbée en ECS	Matrice de COP et puissances absorbées à remplir en fonction des températures amont/aval sélectionnées	-
Statut COP 7/32,5	Statut du COP au point pivot chauffage	-
COP 7/32,5	Valeur du COP au point pivot chauffage	-
P absorbée 7/32,5	Puissance absorbée au point pivot chauffage	kW
Autres valeurs COP disponibles en chauffage	Autres valeurs COP disponibles en chauffage: - Oui - Non	-
Températures Source Amont en chauffage	Températures de la source amont pour lesquelles le COP et Pabs sont connues : 7°C 2°C; 7°C -7°C; 2°C; 7°C -7°C; 2°C; 7°C; 20°C -15°C; -7°C; 2°C; 7°C; 20°C	°C
Températures Source Aval en chauffage	Températures de la source aval pour lesquelles le COP et Pabs sont connues : 32,5°C 32,5°C; 42,5°C 32,5°C; 42,5°C; 51°C 23,5°C; 32,5°C; 42,5°C; 51°C 23,5°C; 32,5°C; 42,5°C; 51°C; 60°C	°C
Matrice COP/Pabsorbée chauffage	Matrice de COP et puissances absorbées à remplir en fonction des températures amont/aval sélectionnées	-
Cep_ecl_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour l'éclairage	kWh/m ² .an
Cep_aux_ventilateur_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour les auxiliaires de ventilation	kWh/m ² .an
Cep_aux_distribution_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour les auxiliaires de distribution	kWh/m ² .an
Cep_fr_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour le refroidissement	kWh/m ² .an
Consommation mensuelle	Consommations mensuelles pour	kWh/m ²

ECS	l'ECS avec les puissances des pompes solaires nulles et non nulles	
Consommation mensuelle chauffage	Consommations mensuelles pour le chauffage avec les puissances des pompes solaires nulles et non nulles	kWh/m ²

Sorties		
Nom	Description	Unité
Cep_ecl_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour l'éclairage	kWh/m ² .a n
Cep_aux_ventilateur_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour les auxiliaires de ventilation	kWh/m ² .a n
Cep_aux_distribution_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour les auxiliaires de distribution	kWh/m ² .a n
Cep_fr_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour le refroidissement	kWh/m ² .a n
Cep_ch_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour le chauffage	kWh/m ² .a n
Cep_ecs_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour l'ECS	kWh/m ² .a n
Cep_annuel	Consommation annuelle par m ² en énergie primaire pour l'ensemble des postes réglementaires	kWh/m ² .a n

Variables internes		
Nom	Description	Unité
θext(h)	Température extérieure du site (données RT2012 par zone climatique)	°C
θefs(h)	Température d'eau froide alimentant les systèmes de production d'ECS (données RT2012 par zone climatique)	°C
DH(h)	Degré heure	h°C
Corr_CH(h)	Clé de répartition horaire chauffage	-
P_CH(h)	Puissance horaire de chauffage demandée au générateur déduite de la répartition des besoins de chauffage grâce à la clé de répartition	kWh
Taval_CH	Température avale de fonctionnement du générateur en mode chauffage	°C

Pfou_CH(h)	Puissance fournie en fonction de la charge et des conditions de Tamont/Taval par le générateur en mode chauffage	kWh
COPText/Taval_CH(h)	COP à température en fonction de la charge et des conditions de Tamont/Taval par le générateur en mode chauffage	-
Pabs_CH(h)	Puissance absorbée en fonction de la charge et des conditions de Tamont/Taval par le générateur en mode chauffage	kWh
Clé_horaire_ECS(h)	Clé de répartition horaire des besoins d'ECS (méthode Th-BCE pour maison individuelle et logement collectif)	-
Clé_semaine_ECS(h)	Ratio correctif de la semaine pour les besoins d'ECS (méthode Th-BCE pour maison individuelle et logement collectif)	-
Besoin_ECS(h)	Besoins d'ECS horaire théorique sans bouclage	Wh
Φ pertes_vc_prim_e(h)	Pertes thermiques de la distribution intergroupe d'ECS bouclée en volume chauffé	Wh
Φ pertes_hvc_prim_e(h)	Pertes thermiques de la distribution intergroupe d'ECS bouclée hors volume chauffé	Wh
θ moy_prim_e(h)	Température moyenne du réseau de distribution intergroupe d'ECS	°C
Pertes_bouclage(h)	Pertes thermiques de la distribution intergroupe d'ECS bouclée	Wh
Clé_horaire_boucl(h)	Clé de répartition horaire du bouclage	-
Clé_semaine_boucl(h)	Ratio correctif de la semaine pour le bouclage	-
Bouclage_ECS(h)	Besoins d'énergie horaire pour couvrir les pertes thermiques du réseau de distribution intergroupe d'ECS	Wh
Besoins_tot(h)	Besoins totaux regroupant les besoins d'ECS et de bouclage	Wh
Corr_ECS+bouclage(h)	Clé de répartition ECS	-
P_ECS(h)	Puissance horaire d'ECS demandée au générateur déduite de la répartition des besoins totaux grâce à la clé de répartition	kWh

Taval_ECS(h)	Température avale de fonctionnement du générateur en mode ECS	°C
Pfou_ECS(h)	Puissance fournie en fonction de la charge et des conditions de Tamont/Taval par le générateur en mode ECS	kWh
COPText/Taval_ECS(h)	COP à température en fonction de la charge et des conditions de Tamont/Taval par le générateur en mode ECS	-
Pabs_ECS(h)	Puissance absorbée en fonction de la charge et des conditions de Tamont/Taval par le générateur en mode ECS	kWh
Id_ecs_seule_mens	Indicateur mensuel de production ECS seule	-
Id_ecs_seule(h)	Indicateur horaire de production ECS seule	-
Rpuis_dispo(h)	Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible	-
Cw_mensuel_ecs_boucle_solaire	Consommations mensuelle des pompes solaires attribué au poste ECS	kWh/m ²
Cw_mensuel_ch_boucle_solaire	Consommations mensuelle des pompes solaires attribué au poste chauffage	kWh/m ²
-	Voir nomenclature du §10.21.3.3 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode chauffage de la méthode Th-BCE	-
-	Voir nomenclature du §10.21.3.4 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode ECS de la méthode Th-BCE	-
-	Voir nomenclature du §10.21.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle, pour Idfonction = 1, 2, 3 de la méthode Th-BCE	-
-	Voir fiche algorithme « C_Gen_Pompe à chaleur à compression électrique double service à fonctionnement alterné » du Titre V système PAC élec DS	-

Constantes			
Nom	Description	Unité	Conv.
Deq	Durée équivalente liée aux	min	0,5

	irréversibilités		
ρ_w	Masse volumique de l'eau	kg/L	1
c_w	Capacité calorifique massique de l'eau	Wh/(kg.K)	1,163
θ_{ref_BAT}	Température extérieur de référence au-dessus de laquelle le chauffage est coupé dans le bâtiment	°C	14

4.2. Données climatiques

Les températures extérieures prises en compte dans l'outil de calcul comme températures de source amont correspondent aux données climatiques RT2012 mises à disposition sur le site « rt-bâtiment ».

Pour l'ensemble des zones, les valeurs correspondent au niveau de la mer (altitude égale à zéro). La prise en compte de l'altitude sera effectuée par une diminution de la température extérieure, θ_{ext} égale à :

- Altitude inférieure ou égale à 400 m : correction = $-0,5^\circ\text{C}$
- Altitude entre 400 et 800 m inclus : correction = $-2,5^\circ\text{C}$
- Altitude supérieure à 800 m : correction = $-4,5^\circ\text{C}$

4.3. Profil de besoin horaire global à couvrir par la pompe à chaleur

On distingue dans ce paragraphe deux types de profils au pas de temps horaire :

- Les profils chauffage ;
- Les profils ECS.

Etablissement des profils chauffage

Une clé de répartition horaire est établie en fonction :

- Des besoins mensuels permettant d'estimer la période de chauffage et une répartition des besoins mensuels sur chaque pas de temps horaire d'un mois.
- Des degrés heures sur toute la période de chauffage par rapport à une température de référence extérieure.
- La température extérieure de référence au-dessus de laquelle le chauffage est coupé dans le bâtiment.

La température extérieure de référence θ_{refBAT} est de 14°C pour les bâtiments RT2012.

La formule de calcul de la clé de répartition horaire chauffage est la suivante :

$$C_{corrCH}(h) = \frac{\theta_{refBAT} - \theta_{ext}(h)}{\sum_{mois} \theta_{refBAT} - \theta_{ext}(h)}$$

Cette clé de répartition est déterminée pour chaque pas de temps horaire d'un mois. Les besoins de chauffage mensuels sont ensuite affectés en utilisant cette clé de répartition au pas de temps horaire.

Etablissement des profils ECS

Dans le cadre de la modélisation horaire des appels de puissance ECS, seules les typologies de bâtiments ayant des besoins d'ECS seront étudiées :

- Les logements collectifs ;
- Les maisons individuelles ou accolées.

Les profils utilisés sont ceux de la RT 2012. Ils permettent d'établir les clés de répartition horaire des besoins ECS. La température d'EFS est aussi prise en compte afin d'estimer au mieux sur chaque heure la quantité réelle d'énergie demandée par bâtiment.

$$Besoin_{ECS}(h) = Clé_{horaire_ECS}(h) \times Clé_{semaine_ECS}(h) \times (40 - \theta_{EFS}(h))$$

Il y a également le bouclage à prendre en compte s'il est présent. Les pertes de bouclage sont calculées à chaque pas de temps de la même façon que la méthode Th-BCE (§11.8.3.3.2 Pertes thermiques de la distribution bouclée).

Alors pour les pertes en volume chauffé :

$$\phi_{pertes_vc_prim_e}(h) = U_{prim_e} \times L_{vc_prim_bcl_e} \times (\theta_{moy_prim_e} - 20)$$

Et pour les pertes en volume non-chauffé :

$$\phi_{pertes_hvc_prim_e}(h) = U_{prim_e} \times L_{hvc_prim_bcl_e} \times (\theta_{moy_prim_e} - (20 + b_{therm} \times (T_{ext}(h) - 20)))$$

Ainsi les pertes de bouclage sont :

$$pertes_bouclage(h) = \phi_{pertes_vc_prim_e}(h) + \phi_{pertes_hvc_prim_e}(h)$$

Avec :

$$\theta_{moy_prim_e} = \theta_{depart_prim_e} - 2,5 = 55 - 2,5 = 52,5$$

Des clés de répartition pour le bouclage comme pour le besoin ECS sont considérées :

$$Bouclage_{ECS}(h) = Clé_{horaire_boucl}(h) \times Clé_{semaine_boucl}(h) \times pertes_bouclages(h)$$

Avec :

$$Clé_{horaire_boucl}(h) = \frac{1}{168} \text{ et } Clé_{semaine_boucl}(h) = 1$$

Cela revient à répartir les pertes de bouclage sur tous les pas de temps.

Ainsi à chaque pas de temps, les besoins totaux théoriques serviront à répartir à chaque pas de temps horaire les besoins réels :

$$Besoins_tot(h) = Besoin_{ECS}(h) + Bouclage_{ECS}(h)$$

La formule de calcul de la clé de répartition horaire ECS est la suivante :

$$C_{corrECS+boucl}(h) = \frac{Besoins_tot(h)}{\sum_{mois} Besoins_tot(h)}$$

Cette clé de répartition est déterminée pour chaque pas de temps horaire d'un mois. Les besoins d'ECS mensuels sont ensuite affectés en utilisant cette clef de répartition au pas de temps horaire.

4.4. Température aval

En ECS, la température aval utilisée par le générateur est déterminée de la façon suivante :

$$T_{aval_ECS} = 55 - \frac{P_{ECS}}{1,163 \times V_{app_ballon}} + \frac{P_{ECS}}{UA_{hx_charge}}$$

Le deuxième terme de la formule précédente permet de déterminer la température du ballon avant l'apport d'énergie dû à l'appoint sachant que la température de consigne du ballon hors pression est de 55°C (premier terme). Le troisième terme permet de prendre en compte l'échangeur de charge, comme ce qui est fait au niveau du calcul de la température aval renvoyée au générateur dans l'extension dynamique modélisant les ballons hors pression.

En chauffage, on considère la température de départ nominale et la chute de température nominale : on calcule une température de retour nominale que l'on considère comme température aval renvoyé à la pompe à chaleur.

$$T_{aval_CH} = T_{depart_nom_chauffage} - \frac{Chute_{temp_nom_chauffage}}{2}$$

Cette hypothèse permet de simplifier la saisie des caractéristiques des émetteurs de chauffage et de ne pas modéliser de nouveau l'émission de chauffage.

4.5. Performance de la pompe à chaleur à pleine et à charge partielle

Pour la modélisation de la pompe à chaleur, les algorithmes de la pompe à chaleur mono-service de la méthode Th-BCE et les algorithmes de la pompe à chaleur double service du titre V système PAC élec double service ont été réutilisés :

- Méthode Th-BCE : §10.21.3.3 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode chauffage
- Méthode Th-BCE : §10.21.3.4 Fonctionnement à pleine charge en conditions non nominales en mode ECS
- Méthode Th-BCE : §10.21.3.6 Fonctionnement à charge partielle ou nulle, pour Idfonction = 1, 2, 3
- Titre V système PAC élec DS : « Figure 3 : PAC élec. en fonctionnement alterné » de la fiche algorithme « C_Gen_Pompe à chaleur à compression électrique double service à fonctionnement alterné »

Cependant certains paramètres ne sont pas disponibles dont :

- Id_ecs_seule : Indicateur de production ECS seule
- Rpuis_dispo : Temps de fonctionnement à charge maximale potentiellement disponible (en fraction d'heure), paramètre utilisé lors du fonctionnement en mode chauffage de la PAC.

Rpuis_dispo est recalculé puisque la variable Rfonctecs, le temps de fonctionnement du générateur pour la production d'ECS, à puissance maximale (en fraction d'heure) est disponible :

$$R_{puis_dispo}(h) = 1 - R_{fonct_ecs}(h)$$

Pour le calcul d'Id_ecs_seule, les consommations de chauffage mensuelles ont été utilisées. Lorsque la consommation est non-nulle Id_ecs_seule_mens est égale à 0. Ainsi sur tous les pas de temps du mois concerné Id_ecs_seule est égale à Id_ecs_seule_mens.

5. CALCUL DES CEP ECS ET CHAUFFAGE

Pour la configuration CESI, la consommation en énergie primaire annuelle pour le poste chauffage ne change pas. Pour l'ECS elle correspond à la somme annuelle des puissances absorbées de la pompe à chaleur en fonctionnement ECS divisé par la SHON RT et à la somme mensuelle de la consommation des pompes solaires déduites des saisies des consommations ECS avec et sans pompes solaires :

$$Cep_{ECS_annuel} = \frac{\sum_1^{8760} Pabs_{ECS_i} \times 2,58}{SHON_{RT}} + \sum_1^{12} C_{w_mensuel_ecs_boucle_solaire}$$

Pour la configuration SSC et pour l'ECS la formule précédente est utilisée. Pour le poste chauffage il y a un calcul similaire :

$$Cep_{CH_annuel} = \frac{\sum_1^{8760} Pabs_{CH_i} \times 2,58}{SHON_{RT}} + \sum_1^{12} C_{w_mensuel_ch_boucle_solaire}$$

Pour les consommations de pompes solaires imputées au mode chauffage et au mode ECS, les Cep chauffage et ECS lorsque les pompes solaires sont saisies avec une puissance nulle et une puissance non nulle (résultats des étapes 1 et 2) sont disponibles, ainsi les consommations des pompes solaires imputées au chauffage et à l'ECS sont déterminées en effectuant une soustraction entre les résultats des deux étapes.

ANNEXE 6

BASE DE DONNÉES POUR SAISIE

HPSU Compact									
Modèle	HPSU compact 304	HPSU compact 308	HPSU compact 308	HPSU compact 308	HPSU compact 308	HPSU compact 508	HPSU compact 508	HPSU compact 508	HPSU compact 508
Puissance du générateur	4kW	6kW	6kW	8kW	8kW	6kW	6kW	6kW	8kW
Volume total du ballon	300	300	300	300	300	500	500	500	500
Coefficient de pertes thermiques du ballon	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,72	1,72	1,72	1,72
Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle marche arrêt du compresseur?	Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle marche arrêt du compresseur								
Pourcentage minimal de charge en fonctionnement continu	24								
Correction de performance en fonction de la charge minimale	1,078								
Pourcentage de la puissance élec. des auxiliaires dans la puiss. Elec. Totale	0,86	0,70	0,70	0,57	0,57	0,70	0,70	0,70	0,57
Type de limite de température	Limite sur l'une ou l'autre des températures de source								
Temp. min amont en mode chaud où la machine ne fonctionne plus	-20°C								
Temp. max aval en mode chaud où la machine ne fonctionne plus	55°C								
COP 7/35*	5,23	4,65	4,65	4,60	4,60	4,65	4,65	4,60	4,60
Pabs 7/35*	0,87	1,38	1,38	1,69	1,69	1,38	1,38	1,69	1,69
COP 7/45*	3,84	3,62	3,62	3,57	3,57	3,62	3,62	3,57	3,57
Pabs 7/45*	1,04	1,66	1,66	2,04	2,04	1,66	1,66	2,04	2,04
COP 7/55*	2,90	2,29	2,29	2,69	2,69	2,29	2,29	2,69	2,69
Pabs 7/55*	1,27	1,92	1,92	1,70	1,70	1,92	1,92	1,70	1,70
COPA7W45 pour calcul ECS par défaut**	3,40	3,43	3,43	3,22	3,22	3,43	3,43	3,22	3,22
Pabs A7W45 pour calcul ECS par défaut**	1,44	2,32	2,32	2,96	2,96	2,32	2,32	2,96	2,96

*Performances mesurées selon NF 14511

**Calcul ECS selon EN 16147 avec valeurs par défaut du point pivot A7W45

HPSU Compact

Modèle	HPSU compact 516	HPSU compact 516	HPSU compact 516	HPSU compact 516
Puissance du générateur	11kW	14kW	16kW	16kW
Volume total du ballon	500	500	500	500
Coefficient de pertes thermiques du ballon	1,72	1,72	1,72	1,72
W/K				
Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle marche arrêt du compresseur?	Fonctionnement en mode continu du compresseur ou en cycle marche arrêt du compresseur			
Pourcentage minimal de charge en fonctionnement continu	24			
Correction de performance en fonction de la charge minimale	1,078			
Pourcentage de la puissance élec. des auxiliaires dans la puiss. Élec. Totale	0,37	0,37	0,37	0,37
Type de limite de température	Limite sur l'une ou l'autre des températures de source			
Temp. min amont en mode chaud où la machine ne fonctionne plus	-20°C			
Temp. maxi aval en mode chaud où la machine ne fonctionne plus	55°C			
COP 7/35*	4,38	4,27	4,10	4,10
Pabs 7/35*	2,57	3,42	3,66	3,66
COP 7/45*	3,32	3,34	3,22	3,22
Pabs 7/45*	3,13	4,07	4,55	4,55
COP 7/55*	2,57	2,49	2,51	2,51
Pabs 7/55*	3,97	4,95	5,64	5,64
COPA7W45 pour calcul ECS par défaut**	3,15	3,17	3,10	3,10
Pabs A7W45 pour calcul ECS par défaut**	3,29	4,27	4,70	4,70

* Performances mesurées selon NF14511

** Calcul ECS selon EN 16147 avec valeurs par défaut du point pivot A7W45

GCU Compact

Modèle	GCU compact 315	GCU compact 324	GCU compact 515	GCU compact 524	GCU compact 533
Volume total du ballon	300	300	500	500	500
Coefficient de pertes thermiques du ballon	1,71	1,71	1,72	1,72	1,72
Puissance nominale*	15	24	15	24	33/30 (LPG)
Rendement à la puissance nominale*	96,7	96,1	96,7	96,1	97,4
Pertes à l'arrêt	pas disponible	pas disponible	pas disponible	pas disponible	pas disponible
Puissance utile intermédiaire*	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Rendement à la puissance intermédiaire*	106,9	106,6	106,9	106,6	107,4
Puissance électrique des auxiliaires à Pn*	96,1	112,7	96,1	112,7	114,1
Puissance électrique des auxiliaires à charge nulle*	6	6	6	6	6
Température minimale de fonctionnement**	10 ECS / 20 CH	10 ECS / 20 CH	10 ECS / 20 CH	10 ECS / 20 CH	10 ECS / 20 CH
Température maximale de fonctionnement**	84	84	84	84	84

* Performances suivant : EU/2009/142/EG ; 92/42/CEE ; EN 15502-1 ; EN 15502-2-1 ; EN 677

** Valeurs déclarées par ROTEX suivant les spécificités du GCU

Ballon hors pression

Modèle	HYC 343/0/0	HYC 343/19/0	HYC 544/19/0	HYC 544/32/0	SCS 328/14/0	SCS 538/16/0	SCS 538/16/16
Volume total du ballon	300	300	500	500	300	500	500
Coefficient de pertes thermiques du ballon	1,71	1,71	1,72	1,72	1,71	1,72	1,72

Système SOLARIS

Type	V21P	V26P	H26P
Dimensions (L x h x Ep)	1006 x 2002 x 85	1300 x 2001 x 85	2001 x 1300 x 85
Surface d'entrée du capteur	1,795	2,364	2,364
Rendement optique du capteur	0,781	0,784	0,784
Coefficient de pertes du premier ordre du capteur a1	4,24	4,25	4,25
Coefficient de pertes du second ordre du capteur a2	0,0057	0,0072	0,0072
Débit nominal	120	120	120
Consommation électrique minimale de la pompe solaire	20	20	20
Consommation électrique maximale de la pompe solaire	120	120	120