

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Arrêté du 15 décembre 2010 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système « Températion® T.Zen 400/4000 » dans la réglementation thermique 2005

NOR : DEVL1030989A

La ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,
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 son article R. 111-20 ;
Vu la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique ;
Vu l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments ;
Vu l'arrêté du 19 juillet 2006 portant approbation de la méthode de calcul Th-C-E prévue aux articles 4 et 5 de l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments,

Arrête :

Art. 1^{er}. – Conformément à l'article 82 de l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments, le mode de prise en compte du système « Températion® T.Zen 400/4000 », dans la méthode de calcul Th-C-E définie par l'arrêté du 19 juillet 2006, est agréé selon les conditions d'application définies en annexe.

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

Fait le 15 décembre 2010.

Pour la ministre et par délégation :

*Le directeur général
de l'énergie et du climat,*
P.-F. CHEVET

*Le directeur de l'habitat,
de l'urbanisme et des paysages,*
E. CRÉPON

A N N E X E

MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DU SYSTÈME « TEMPÉRATION® T.ZEN 400/4000 » DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2005

1. Définition du système Températion® T.Zen 400/4000

Au sens du présent arrêté, le système Températion® T.Zen 400/4000 est basé sur le principe du double flux thermodynamique boosté par une augmentation ponctuelle du débit d'air neuf et recyclé en fonction des besoins de l'habitat et optimisation du bilan énergétique. Ce système assure simultanément la ventilation, le chauffage, le rafraîchissement et la production d'eau chaude sanitaire.

Les fonctions assurées par ce système sont les suivantes :

- renouvellement d'air entièrement autorégulé ;
- filtration de l'air neuf ;

- récupération statique sur l'air extrait éventuellement complétée d'une récupération thermodynamique (pompe à chaleur sur l'air extrait) ;
- rafraîchissement de l'air insufflé en été par le même système thermodynamique (système réversible) complété d'un échangeur statique et d'un by-pass ;
- production d'eau chaude sanitaire.

2. Domaine d'application

Cette méthode s'applique uniquement aux maisons individuelles qui respectent les conditions décrites dans le tableau 1 concernant le coefficient $U_{bat} * S$ où :

- U_{bat} représente le coefficient moyen de déperdition par les parois et les baies du bâtiment défini à l'article 15 de l'arrêté du 24 mai 2006 ;
- S représente la surface totale des parois déperditives du bâtiment :

Tableau 1. – *Seuils du coefficient $U_{bat} * S$*

ZONES CLIMATIQUES	H1	H2	H3
Maison individuelle	$U_{bat} * S \leq 120$	$U_{bat} * S \leq 140$	$U_{bat} * S \leq 160$

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

Un calcul initial est réalisé selon les règles Th-CE, en modélisant le système Températion® T.Zen 400/4000 avec les critères définis dans le paragraphe 3.1.

Ce calcul initial permet d'obtenir les besoins de chauffage, B_{ch} , de rafraîchissement, B_{fr} , et d'eau chaude sanitaire, B_{ecs} , exprimés en kWh/(m².an), les consommations d'éclairage et d'auxiliaires du projet exprimées en kWh_{EP}/(m².an) ainsi que le Cep_{ref} correspondant.

Le Cep du projet est obtenu à partir des besoins de chauffage, de rafraîchissement et d'eau chaude sanitaire, en les multipliant par la performance globale annuelle du système représentée par les trois coefficients : $\alpha_{chauffage}$, $\alpha_{rafraichissement}$ et α_{ecs} . Le calcul de ces coefficients est détaillé ci-après.

Il est supposé dans cette présente méthode que les modes de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire sont dissociés.

3.1. Modélisation du système Températion® T.Zen 400/4000 dans la méthode de calcul Th-CE

Ce système est modélisé comme suit dans la méthode de calcul Th-CE :

- un système de ventilation double flux avec un rendement nominal de 60 % non certifié et la consommation des auxiliaires de ventilation ;
- un système de chauffage par une pompe à chaleur sans perte de distribution et par des émetteurs avec une variation spatiale de classe B et une variation temporelle du thermostat, avec une programmation correspondante à une horloge à heure fixe avec contrôle d'ambiance ;
- un système de rafraîchissement par une pompe à chaleur sans perte de distribution avec une variation spatiale de 0 K et la variation temporelle du thermostat ;
- un système de production d'eau chaude sanitaire par ballon de stockage électrique.

3.2. Détermination de la performance du système Températion® T.Zen 400/4000

Dans cette présente méthode, il est proposé de réaliser un calcul en fonction de la température extérieure puis d'intégrer les résultats en fonction de l'occurrence des températures extérieures.

3.2.1. Calcul des puissances de chauffage, de rafraîchissement et d'eau chaude sanitaire nécessaires pour chaque température extérieure

3.2.1.1. Calcul de la puissance de chauffage nécessaire pour chaque température extérieure

Il est supposé dans cette présente méthode que la température de non-chauffage est fixée à 16 °C. Pour une température extérieure T_e , la puissance de chauffage est définie selon la formule suivante :

$$P_{ch}(Te) = \frac{B_{ch} \times SHON \times 1000}{Nb \text{ Degrés.Heure Chaud}} \times (16 - Te) \quad (\text{en W})$$

où :

B_{ch} : besoins de chauffage issus du premier calcul sous Th-CE (kWh/[m².an]) ;

Te : température extérieure (°C) ;

Nb Degrés.Heure Chaud : somme des degrés.heure en chauffage base 16 (°C.h/an), calculée selon la formule suivante :

$$Nb \text{ Degrés.Heure chaud} = \sum_{Te=i}^{Te=15} (NH(Te) \times (16 - Te))$$

où :

NH (Te) : nombre d'occurrences de la température Te , défini au tableau 2 (en heure).

3.2.1.2. Calcul de la puissance de rafraîchissement nécessaire pour chaque température extérieure

Il est supposé dans cette présente méthode que la température de non-rafraîchissement est fixée à 18 °C. Pour une température extérieure Te , la puissance de rafraîchissement est définie selon la formule suivante :

$$P_{fr}(Te) = \frac{B_{fr} \times SHON \times 1000}{Nb \text{ Degrés.Heure Froid}} \times (Te - 18) \quad (\text{en W})$$

où :

B_{fr} : besoins de rafraîchissement issus du premier calcul sous Th-CE (kWh/[m².an]) ;

Te : température extérieure (°C) ;

Nb Degrés.Heure Froid : somme des degrés.heure en rafraîchissement base 18 (en °C.h/an), calculée selon la formule suivante :

$$Nb \text{ Degrés.Heure Froid} = \sum_{Te=19}^{Te=j} (NH(Te) \times (Te - 18))$$

où :

NH (Te) : nombre d'occurrences, de la température Te , défini au tableau 2 (en heure).

3.2.1.3. Calcul de la puissance d'eau chaude sanitaire nécessaire pour chaque température extérieure

Pour le calcul de la puissance d'eau chaude sanitaire, il est proposé de calculer une puissance moyenne sur l'année, tout en tenant compte d'une température de stockage à 50 °C.

Ainsi la puissance d'eau chaude sanitaire est définie selon la formule suivante :

$$P_{ecs} = \frac{B_{ecs} \times SHON \times 1000}{8760} - \frac{V \times Cr \times (65 - 50)}{24} \quad (\text{en W})$$

où :

B_{ecs} : besoins d'eau chaude sanitaire issus du premier calcul sous Th-CE (kWh/[m².an]) ;

SHON : surface hors œuvre nette (m²) ;

V : volume de stockage du ballon d'eau chaude sanitaire (l) ;

Cr : constante de refroidissement. Par convention, dans cette présente méthode, Cr sera prise égale à 0,33 (W.h)/(l. °C/jour).

3.2.2. Calcul du nombre d'occurrences des températures par zone climatique

Tableau 2. – Nombre d'occurrences des températures extérieures par zone climatique (en heure), NH (Te)

TEMPÉRATURE extérieure	H1 a	H1 b	H1 c	H2 a	H2 b	H2 c	H2 d	H3
- 10	0	3	0	0	0	0	0	0

TEMPÉRATURE extérieure	H1 a	H1 b	H1 c	H2 a	H2 b	H2 c	H2 d	H3
-9	0	8	0	0	0	0	0	0
-8	0	9	0	0	0	0	0	0
-7	0	11	3	0	0	0	3	0
-6	3	12	4	0	0	3	3	0
-5	4	12	7	0	0	1	2	0
-4	9	67	23	6	3	3	6	0
-3	37	94	27	30	5	15	8	0
-2	39	125	71	35	6	14	12	0
-1	45	172	85	56	8	46	24	0
0	68	183	160	76	38	101	40	0
1	172	325	249	80	52	125	39	0
2	334	350	344	131	124	155	73	0
3	366	362	312	200	176	177	107	7
4	450	427	364	285	194	204	149	39
5	520	428	475	338	253	293	187	72
6	448	406	458	391	264	391	278	126
7	463	370	469	480	421	430	352	235
8	411	395	406	553	468	432	339	416
9	404	430	360	561	553	444	366	513
10	410	382	332	544	599	471	410	568
11	414	362	310	505	492	421	414	575
12	427	399	315	459	463	409	371	474
13	435	414	342	427	437	459	387	448
14	511	378	351	438	456	431	363	423
15	462	338	398	529	429	421	343	459
16	459	342	418	495	487	408	362	427
17	384	340	410	416	469	392	348	411

TEMPÉRATURE extérieure	H1 a	H1 b	H1 c	H2 a	H2 b	H2 c	H2 d	H3
18	285	298	382	362	438	376	413	378
19	262	259	328	312	422	333	402	428
20	236	247	266	235	363	315	380	435
21	191	199	234	195	318	289	370	485
22	132	144	203	156	225	254	314	439
23	120	116	167	144	179	210	291	372
24	97	100	129	91	144	175	290	302
25	65	88	95	81	86	151	208	284
26	33	54	80	37	66	112	199	196
27	32	45	66	32	58	101	155	139
28	10	30	32	32	33	70	145	61
29	9	12	30	25	17	65	149	32
30	10	13	23	13	6	29	112	16
31	1	6	30	5	4	15	100	0
32	2	5	2	5	4	5	60	0
33	0	0	0	0	0	2	70	0
34	0	0	0	0	0	4	50	0
35	0	0	0	0	0	4	34	0
36	0	0	0	0	0	1	22	0
37	0	0	0	0	0	3	9	0
38	0	0	0	0	0	0	1	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760

3.2.3. *Calcul de la consommation du chauffage du système
T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure*

3.2.3.1. *Calcul de la puissance utile de chauffage pour chaque
température extérieure suivante : -5 °C, 5 °C et 12 °C*

Pour chaque mode et allure de fonctionnement (normale ou boost) et fréquence de rotation F (Hz), le calcul de la puissance de chauffage du système T.Zen 400/4000 en fonction de la température extérieure T_e , est définie selon la formule suivante :

$$P_{ch_T.Zen}(Te, F) = a_{ch}(F) \times Te^2 + b_{ch}(F) \times Te + c_{ch}(F) \text{ (en W)}$$

où :

$a_{ch}(F)$, $b_{ch}(F)$ et $c_{ch}(F)$: coefficients dépendant de la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 et définis dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3. – Valeurs des coefficients $a_{ch}(F)$, $b_{ch}(F)$ et $c_{ch}(F)$

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{ch}(F)$	$b_{ch}(F)$	$c_{ch}(F)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	20	0,078	5,026	937,745
		30	0,092	6,014	1 223,2
		40	0,107	6,693	1 452,45
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	40	0,153	24,186	1 518,1
		60	0,194	29,929	1 976
		80	0,235	34,186	2 341,6
		100	0,25	37,636	2 647,15

Le calcul de la puissance de chauffage maximale du système T.Zen 400/4000 est définie en fonction de l'allure du système et de la température extérieure Te selon la formule suivante :

Allure normale :

$$P_{ch_max_normale_T.Zen}(Te) = \text{Min}(P_{ch_T.Zen}[TE, 40 \text{ HZ}]; P_{ch}[Te]) \text{ (en W)}$$

Allure boost :

$$P_{ch_max_boost_T.Zen}(Te) = \text{Min}(P_{ch_T.Zen}[TE, 100 \text{ HZ}]; P_{ch}[Te]) \text{ (en W)}$$

Pour un mode de fonctionnement à une température extérieure Te , le calcul de l'évolution de la puissance utile de chauffage du système T.Zen 400/4000 en fonction de la fréquence de rotation F et de l'allure est défini selon la formule suivante :

$$P_{ch_utile_T.Zen}(Te, F) = a_{ch}(Te) \times F^2 + b_{ch}(Te) \times F + c_{ch}(Te) \text{ (en W)}$$

où :

F : fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 (Hz) ;

$a_{ch}(Te)$, $b_{ch}(Te)$ et $c_{ch}(Te)$: coefficients dépendant de la température extérieure et définis dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4. – Valeurs des coefficients $a_{ch}(Te)$, $b_{ch}(Te)$ et $c_{ch}(Te)$

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{ch}(Te)$	$b_{ch}(Te)$	$c_{ch}(Te)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	-5 °C	-0,272 5	41,705	189,5
		5 °C	-0,289	43,53	209,8
		12 °C	-0,298 5	44,855	231,6
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	-5 °C	-0,088	30,071	341,085
		5 °C	-0,103	34,305	436,85
		12 °C	-0,115	37,735	506,355

En fonction de la puissance de chauffage nécessaire pour le bâtiment, le calcul de la fréquence de rotation F_{ch} du système T.Zen 400/4000 en mode chauffage est défini, en fonction de l'allure du système et de la température extérieure T_e , selon la formule suivante :

$$\text{Si } P_{ch}(T_e) \leq P_{ch_max_normale_T.Zen}(T_e)$$

$$F_{ch}(T_e) = F_{ch_normale}(T_e) = \text{Min}(F_1 ; F_2) \text{ (en Hz)}$$

où :

F_1 et F_2 : fréquences définies selon les deux formules suivantes :

$$F_1 = \text{Max} \left(20; \frac{-b_{ch}(T_e) + \Delta}{2 \times a_{ch}(T_e)} \right) \text{ (en Hz)} \quad F_2 = \text{Min} \left(40; \frac{-b_{ch}(T_e) - \Delta}{2 \times a_{ch}(T_e)} \right) \text{ (en Hz)}$$

où :

$a_{ch}(T_e)$, $b_{ch}(T_e)$ et $c_{ch}(T_e)$: coefficients définis dans le tableau 4 et correspondant à l'allure normale ;
 Δ : coefficient défini selon la formule suivante :

$$\Delta = \sqrt{b_{ch}(T_e)^2 - 4 \times a_{ch}(T_e) \times (c_{ch}(T_e) - P_{ch}(T_e))}$$

$$\text{Si } P_{ch}(T_e) > P_{ch_max_normale_T.Zen}(T_e)$$

$$F_{ch}(T_e) = F_{ch_boost}(T_e) = \text{Min}(F_1 ; F_2) \text{ [en Hz]}$$

où :

F_1 et F_2 : fréquences définies selon les deux formules suivantes :

$$F_1 = \text{Max} \left(40; \frac{-b_{ch}(T_e) + \Delta}{2 \times a_{ch}(T_e)} \right) \text{ (en Hz)} \quad F_2 = \text{Min} \left(100; \frac{-b_{ch}(T_e) - \Delta}{2 \times a_{ch}(T_e)} \right) \text{ (en Hz)}$$

où :

$a_{ch}(T_e)$, $b_{ch}(T_e)$ et $c_{ch}(T_e)$: coefficients définis dans le tableau 4 et correspondant à l'allure boost ;
 Δ : coefficient défini selon la formule suivante :

$$\Delta = \sqrt{b_{ch}(T_e)^2 - 4 \times a_{ch}(T_e) \times (c_{ch}(T_e) - P_{ch}(T_e))}$$

Le calcul de la puissance utile de chauffage pour le bâtiment à une température extérieure T_e est donc défini selon la formule suivante :

$$P_{ch_utile}(T_e) = a_{ch}(T_e) \times F_{ch}(T_e)^2 + b_{ch}(T_e) \times F_{ch}(T_e) + c_{ch}(T_e) \text{ (en W)}$$

où :

$F_{ch}(T_e)$: la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 en mode chauffage à la température extérieure T_e ;

$a_{ch}(T_e)$, $b_{ch}(T_e)$ et $c_{ch}(T_e)$: coefficients définis dans le tableau 4 et correspondant à :

- l'allure normale si $P_{ch}(T_e) \leq P_{ch_max_normale_T.Zen}(T_e)$;
- l'allure boost si $P_{ch}(T_e) > P_{ch_max_normale_T.Zen}(T_e)$;

3.2.3.2. Calcul de la puissance absorbée en mode chauffage pour chaque température extérieure suivante :
 - 5 °C, 5 °C et 12 °C

Pour chaque mode et allure de fonctionnement (normale ou boost) et fréquence de rotation F (Hz), le calcul de la puissance absorbée en mode chauffage du système T.Zen 400/4000 en fonction de la température extérieure T_e est définie selon la formule suivante :

$$P_{abs_ch_T.Zen}(T_e, F) = a_{abs_ch}(F) \times T_e^2 + b_{abs_ch}(F) \times T_e + c_{abs_ch}(F) \text{ (en W)}$$

où :

$a_{abs_ch}(F)$, $b_{abs_ch}(F)$ et $c_{abs_ch}(F)$: coefficients dépendant de la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 et définis dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5. – Valeurs des coefficients $a_{abs_ch}(F)$, $b_{abs_ch}(F)$ et $c_{abs_ch}(F)$

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{abs_ch}(F)$	$b_{abs_ch}(F)$	$c_{abs_ch}(F)$
Mode sans recyclage et sans eau		20	0,016	3,365	204,035

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{abs_ch}(F)$	$b_{abs_ch}(F)$	$c_{abs_ch}(F)$
Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	30	0,037	5,057	340,95
		40	0,060	6,653	475,74
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	40	0,042	6,456	521,315
		60	0,105	11,175	757,075
		80	0,185	15,828	980,365
		100	0,269	20,431	1 190,405

Pour un mode de fonctionnement à une température extérieure T_e , le calcul de l'évolution de la puissance absorbée utile en mode chauffage du système T.Zen 400/4000 en fonction de la fréquence de rotation F et de l'allure est défini selon la formule suivante :

$$P_{abs_utile_ch_TZen}(Te, F) = a_{abs_ch}(Te) \times F^2 + b_{abs_ch}(Te) \times F + c_{abs_ch}(Te) \text{ (en W)}$$

où :

F : fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 (Hz) ;

$a_{abs_ch}(Te)$, $b_{abs_ch}(Te)$ et $c_{abs_ch}(Te)$: coefficients dépendant de la température extérieure et définis dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6. – Valeurs des coefficients $a_{abs_ch}(Te)$, $b_{abs_ch}(Te)$ et $c_{abs_ch}(Te)$

DESCRIPTION	ALLURE	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE T_e	$a_{abs_ch}(Te)$	$b_{abs_ch}(Te)$	$c_{abs_ch}(Te)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	- 5 °C	- 0,008	13,3	- 75,2
		5 °C	- 0,013	15,24	- 78,3
		12 °C	- 0,014 5	16,745	- 82,4
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	- 5 °C	- 0,015	12,237	25,17
		5 °C	- 0,016	14,660	- 6,055
		12 °C	- 0,015	16,595	- 35,05

Le calcul de la puissance absorbée en mode chauffage pour le bâtiment à une température extérieure T_e est donc défini selon la formule suivante :

$$P_{abs_ch}(Te) = a_{abs_ch}(Te) \times F_{ch}(Te)^2 + b_{abs_ch}(Te) \times F_{ch}(Te) + c_{abs_ch}(Te) ; \text{ (en W)}$$

où :

$F_{ch}(Te)$: la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 en mode chauffage à une température extérieure donnée T_e ;

$a_{abs_ch}(Te)$, $b_{abs_ch}(Te)$ et $c_{abs_ch}(Te)$: coefficients définis dans le tableau 6 et correspondant à :

- l'allure normale si $P_{ch}(Te) \leq P_{ch_max_normale_TZen}(Te)$;
- l'allure boost si $P_{ch}(Te) > P_{ch_max_normale_TZen}(Te)$.

3.2.3.3. Calcul du coefficient de performance en mode chauffage du système T.Zen 400/4000

Le calcul du coefficient de performance du système T.Zen 400/4000, $COP_{ch}(Te)$ en mode chauffage, pour une température extérieure T_e parmi les trois suivantes, - 5 °C, 5 °C et 12 °C, est défini selon la formule suivante :

$$COP_{ch}(Te) = \frac{P_{ch_utile}(Te)}{P_{abs_ch}(Te)}$$

où :

$P_{ch_utile}(Te)$: puissance de chauffage utile pour le bâtiment à une température extérieure donnée Te ;

$P_{abs_ch}(Te)$: puissance absorbée en mode chauffage à une température extérieure donnée Te .

A partir des trois valeurs suivantes du coefficient de performance, $COP_{ch}(-5\text{ °C})$, $COP_{ch}(5\text{ °C})$ et $COP_{ch}(12\text{ °C})$, on déduit le coefficient de performance du système T.Zen 400/4000, $COP_{ch}(Te)$ en mode chauffage, pour une température extérieure, Te , qui peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$COP_{ch}(Te) = (a_{ch} \times Te^2 + b_{ch} \times Te + c_{ch}) \times 0,9$$

où :

a_{ch} , b_{ch} et c_{ch} : coefficients résultant d'une régression polynomiale à partir des points $COP_{ch}(-5\text{ °C})$, $COP_{ch}(5\text{ °C})$ et $COP_{ch}(12\text{ °C})$.

3.2.3.4. Calcul de la consommation de chauffage du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure Te

Le calcul de la consommation de chauffage du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure Te est défini selon la formule suivante :

$$C_{ch_TZen}(Te) = \frac{NH(Te) \times \text{Min}(P_{ch_TZen}(-5\text{ °C}, 100\text{ Hz}); P_{ch}(Te))}{COP_{ch}(Te) \times 1000} \quad (\text{en kWh})$$

où :

$NH(Te)$: nombre d'occurrences de la température Te , défini au tableau 2 (en heure) ;

$COP_{ch}(Te)$: coefficient de performance du système T.Zen 400/4000 pour une température extérieure Te ;

$P_{ch}(Te)$: puissance de chauffage nécessaire pour chaque température extérieure Te (W) ;

$P_{ch_TZen}(-5\text{ °C}, 100\text{ Hz})$: puissance de chauffage maximale du système T.Zen 400/4000 à 100 Hz et à -5 °C (W).

Le calcul de la consommation de chauffage de l'appoint du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure Te est défini selon la formule suivante :

$$C_{ch_appoint_TZen}(Te) = \frac{NH(Te) \times \text{Max}(0; P_{ch}(Te) - P_{ch_TZen}(-5\text{ °C}, 100\text{ Hz}))}{1000} \quad (\text{en kWh})$$

où :

$NH(Te)$: nombre d'occurrences de la température Te , défini au tableau 2 (en heure) ;

$P_{ch}(Te)$: puissance de chauffage nécessaire pour chaque température extérieure Te (W) ;

$P_{ch_TZen}(-5\text{ °C}, 100\text{ Hz})$: puissance de chauffage maximale du système T.Zen 400/4000 à 100 Hz et à -5 °C (W).

3.2.4. Calcul de la consommation du rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure

3.2.4.1. Calcul de la puissance utile de rafraîchissement pour chaque température extérieure suivante : 20 °C, 25 °C et 35 °C

Pour chaque mode et allure de fonctionnement (normale ou boost) et fréquence de rotation F (Hz), le calcul de la puissance de rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 en fonction de la température extérieure Te est définie selon la formule suivante :

$$P_{fr_TZen}(Te, F) = a_{fr}(F) \times Te^2 + b_{fr}(F) \times Te + c_{fr}(F) \quad (\text{en W})$$

où :

$a_{fr}(F)$, $b_{fr}(F)$ et $c_{fr}(F)$: coefficients dépendant de la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 et définis dans le tableau 7 suivant :

Tableau 7. – Valeurs des coefficients $a_{fr}(F)$, $b_{fr}(F)$ et $c_{fr}(F)$

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{fr}(F)$	$b_{fr}(F)$	$c_{fr}(F)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C	Normale	20	- 0,263	31,477	56,8
		30	5,279	- 313,046	5 590,625

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{fr}(F)$	$b_{fr}(F)$	$c_{fr}(F)$
Qair = 160 m³/h		40	- 0,058	17,992	725,75
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	40	- 0,183	12,117	1 330,5
		60	- 0,092	3,558	1 882,75
		80	- 0,05	- 1,15	2 238,5
		100	- 0,133	1,267	2 422

Le calcul de la puissance de rafraîchissement maximale du système T.Zen 400/4000 est définie, en fonction de l'allure du système et de la température extérieure T_e , selon la formule suivante :

Allure normale :

$$P_{fr_max_normale_T.Zen}(Te) = \text{Min}(P_{fr_T.Zen}[Te, 40 \text{ Hz}]; P_{fr}[Te]) \text{ (en W)}$$

Allure boost :

$$P_{fr_max_boost_T.Zen}(Te) = \text{Min}(P_{fr_T.Zen}[Te, 100 \text{ Hz}]; P_{fr}[Te]) \text{ (en W)}$$

Pour un mode de fonctionnement à une température extérieure T_e , le calcul de l'évolution de la puissance utile de rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 en fonction de la fréquence de rotation F et de l'allure est défini selon la formule suivante :

$$P_{fr_utile_T.Zen}(Te, F) = a_{fr}(Te) \times F^2 + b_{fr}(Te) \times F + c_{fr}(Te) \text{ (en W)}$$

où :

F : fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 (Hz) ;

$a_{fr}(Te)$, $b_{fr}(Te)$ et $c_{fr}(Te)$: coefficients dépendant de la température extérieure et définis dans le tableau 8 suivant :

Tableau 8. – Valeurs des coefficients $a_{fr}(Te)$, $b_{fr}(Te)$ et $c_{fr}(Te)$

DESCRIPTION	ALLURE	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE T_e	$a_{fr}(Te)$	$b_{fr}(Te)$	$c_{fr}(Te)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	20 °C	- 6,198	395,915	- 4 858,3
		25 °C	- 1,549	115,94	- 1 020,1
		35 °C	- 0,411	47,035	59,4
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	20 °C	- 0,137	33,997	361,905
		25 °C	- 0,127	31,926	448,54
		35 °C	- 0,124	30,218	522,65

En fonction de la puissance de rafraîchissement nécessaire pour le bâtiment, le calcul de la fréquence de rotation F_{fr} du système T.Zen 400/4000 en mode rafraîchissement est défini, en fonction de l'allure du système et de la température extérieure T_e , selon la formule suivante :

$$\text{Si } P_{fr}(Te) \leq P_{fr_max_normale_T.Zen}(Te)$$

$$F_{fr}(Te) = F_{fr_normale}(Te) = \text{Min}(F_1; F_2) \text{ (en Hz)}$$

où :

F_1 et F_2 : fréquences définies selon les deux formules suivantes :

$$F_1 = \text{Max}\left(20; \frac{-b_{fr}(Te) + \Delta}{2 \times a_{fr}(Te)}\right)_{(en Hz)} \quad F_2 = \text{Min}\left(40; \frac{-b_{fr}(Te) - \Delta}{2 \times a_{fr}(Te)}\right)_{(en Hz)}$$

où :

$a_{fr}(Te)$, $b_{fr}(Te)$ et $c_{fr}(Te)$: coefficients définis dans le tableau 8 et correspondant à l'allure normale ;
 Δ : coefficient défini selon la formule suivante :

$$\Delta = \sqrt{b_{fr}(Te)^2 - 4 \times a_{fr}(Te) \times (c_{fr}(Te) - P_{fr}(Te))}$$

Si $P_{fr}(Te) > P_{fr_max_normale_T.Zen}(Te)$

$$F_{fr}(Te) = F_{fr_boost}(Te) = \text{Min}(F_1; F_2) \text{ (en Hz)}$$

où :

F_1 et F_2 : fréquences définies selon les deux formules suivantes :

$$F_1 = \text{Max}\left(40; \frac{-b_{fr}(Te) + \Delta}{2 \times a_{fr}(Te)}\right) \text{ (en Hz)} \quad F_2 = \text{Min}\left(100; \frac{-b_{fr}(Te) - \Delta}{2 \times a_{fr}(Te)}\right) \text{ (en Hz)}$$

où :

$a_{fr}(Te)$, $b_{fr}(Te)$ et $c_{fr}(Te)$: coefficients définis dans le tableau 8 et correspondant à l'allure boost ;
 Δ : coefficient défini selon la formule suivante :

$$\Delta = \sqrt{b_{fr}(Te)^2 - 4 \times a_{fr}(Te) \times (c_{fr}(Te) - P_{fr}(Te))}$$

Le calcul de la puissance utile de rafraîchissement pour le bâtiment à une température extérieure Te est donc défini selon la formule suivante :

$$P_{fr_utile}(Te) = a_{fr}(Te) \times F_{fr}(Te)^2 + b_{fr}(Te) \times F_{fr}(Te) + c_{fr}(Te) \text{ (en W)}$$

où :

$F_{fr}(Te)$: la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 en mode rafraîchissement à la température extérieure Te

$a_{fr}(Te)$, $b_{fr}(Te)$ et $c_{fr}(Te)$: coefficients définis dans le tableau 8 et correspondant à :

- l'allure normale si $P_{fr}(Te) \leq P_{fr_max_normale_T.Zen}(Te)$
- l'allure boost si $P_{fr}(Te) > P_{fr_max_normale_T.Zen}(Te)$

3.2.4.2. Calcul de la puissance absorbée en mode rafraîchissement pour chaque température extérieure suivante : 20 °C, 25 °C et 35 °C

Pour chaque mode et allure de fonctionnement (normale ou boost) et fréquence de rotation F (Hz), le calcul de la puissance absorbée en mode rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 en fonction de la température extérieure Te est définie selon la formule suivante :

$$P_{abs_fr_T.Zen}(Te, F) = a_{abs_fr}(F) \times Te^2 + b_{abs_fr}(F) \times Te + c_{abs_fr}(F) \text{ (en W)}$$

où :

$a_{abs_fr}(F)$, $b_{abs_fr}(F)$ et $c_{abs_fr}(F)$: coefficients dépendant de la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 et définis dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9. – Valeurs des coefficients $a_{abs_fr}(F)$, $b_{abs_fr}(F)$ et $c_{abs_fr}(F)$

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{abs_fr}(F)$	$b_{abs_fr}(F)$	$c_{abs_fr}(F)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	20	0,165	- 9,405	442,75
		30	0,06	0,58	408,3
		40	0,054	3,679	492,075
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	40	0,151	- 3,064	677,675
		60	0,068	6,153	821,475
		80	0,088	8,513	1 067,375
		100	0,102	11,772	1 276,75

Pour un mode de fonctionnement à une température extérieure T_e le calcul de l'évolution de la puissance absorbée utile en mode rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 en fonction de la fréquence de rotation F et de l'allure est défini selon la formule suivante :

$$P_{\text{abs_utile_fr_TZen}}(T_e, F) = a_{\text{abs_fr}}(T_e) \times F^2 + b_{\text{abs_fr}}(T_e) \times F + c_{\text{abs_fr}}(T_e) \text{ (en W)}$$

où :

F : fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 (Hz) ;

$a_{\text{abs_fr}}(T_e)$, $b_{\text{abs_fr}}(T_e)$ et $c_{\text{abs_fr}}(T_e)$: coefficients dépendant de la température extérieure et définis dans le tableau 10 suivant :

Tableau 10. – Valeurs des coefficients $a_{\text{abs_fr}}(T_e)$, $b_{\text{abs_fr}}(T_e)$ et $c_{\text{abs_fr}}(T_e)$

DESCRIPTION	ALLURE	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE T_e	$a_{\text{abs_fr}}(T_e)$	$b_{\text{abs_fr}}(T_e)$	$c_{\text{abs_fr}}(T_e)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	20 °C	0,101	7,27	134,9
		25 °C	0,041	12,925	36,1
		35 °C	- 0,007	18,965	- 61
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	20 °C	- 0,009	15,917	53,155
		25 °C	- 0,014	17,645	11,345
		35 °C	- 0,015	19,693	- 9,055

Le calcul de la puissance absorbée en mode rafraîchissement pour le bâtiment à une température extérieure T_e est donc défini selon la formule suivante :

$$P_{\text{abs_fr}}(T_e) = a_{\text{abs_fr}}(T_e) \times F_{\text{fr}}(T_e)^2 + b_{\text{abs_fr}}(T_e) \times F_{\text{fr}}(T_e) + c_{\text{abs_fr}}(T_e) \text{ (en W)}$$

où :

$F_{\text{fr}}(T_e)$: la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 en mode rafraîchissement à une température extérieure donnée, T_e

$a_{\text{abs_fr}}(T_e)$, $b_{\text{abs_fr}}(T_e)$ et $c_{\text{abs_fr}}(T_e)$: coefficients définis dans le tableau 10 et correspondant à :

- l'allure normale si $P_{\text{fr}}(T_e) \leq P_{\text{fr_max_normale_T.Zen}}(T_e)$;
- l'allure boost si $P_{\text{fr}}(T_e) > P_{\text{fr_max_normale_T.Zen}}(T_e)$.

3.2.4.3. Calcul du coefficient de performance en mode rafraîchissement du système T.Zen 400/4000

Le calcul du coefficient de performance du système T.Zen 400/4000, $EER_{\text{fr}}(T_e)$ en mode rafraîchissement, pour une température extérieure T_e parmi les trois suivantes, 20 °C, 25 °C et 35 °C, est défini selon la formule suivante :

$$EER_{\text{fr}}(T_e) = \frac{P_{\text{fr_utile}}(T_e)}{P_{\text{abs_fr}}(T_e)}$$

où :

$P_{\text{fr_utile}}(T_e)$: puissance de rafraîchissement utile pour le bâtiment à une température extérieure donnée T_e ;

$P_{\text{abs_fr}}$: puissance absorbée en mode rafraîchissement à une température extérieure donnée T_e .

A partir des trois valeurs suivantes du coefficient de performance, $EER_{\text{fr}}(20 \text{ °C})$, $EER_{\text{fr}}(25 \text{ °C})$ et $EER_{\text{fr}}(35 \text{ °C})$, on déduit le coefficient de performance du système T.Zen 400/4000, $EER_{\text{fr}}(T_e)$ en mode rafraîchissement, pour une température extérieure T_e , qui peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$EER_{\text{fr}}(T_e) = (a_{\text{fr}} \times T_e^2 + b_{\text{fr}} \times T_e + c_{\text{fr}}) \times 1,8 \times 0,9$$

où :

a_{fr} , b_{fr} et c_{fr} : coefficients résultant d'une régression polynomiale à partir des points $EER_{\text{fr}}(20 \text{ °C})$, $EER_{\text{fr}}(25 \text{ °C})$ et $EER_{\text{fr}}(35 \text{ °C})$.

3.2.4.4. Calcul de la consommation de rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure T_e

Le calcul de la consommation de rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure T_e est défini selon la formule suivante :

$$C_{fr_T.Zen}(Te) = \frac{NH(Te) \times \text{Min}(P_{fr_T.Zen}(35^\circ\text{C}, 100\text{Hz}); P_{fr}(Te))}{EER_{fr}(Te) \times 1000} \quad (\text{en kWh})$$

où :

NH (Te) : nombre d'occurrences de la température Te, défini au tableau 2 (en heure) ;

EER_{fr} (Te) : coefficient de performance du système T.Zen 400/4000 pour une température extérieure Te ;

P_{fr} (Te) : puissance de rafraîchissement nécessaire pour chaque température extérieure Te (W) ;

P_{fr_T.Zen} (35 °C, 100 Hz) : puissance de rafraîchissement maximale du système T.Zen 400/4000 à 100 Hz et à 35 °C (W).

3.2.5. Calcul de la consommation de l'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure

3.2.5.1. Calcul de la puissance utile d'eau chaude sanitaire pour chaque température extérieure suivante : 10 °C, 20 °C et 30 °C

Pour chaque mode et allure de fonctionnement (normale ou boost) et fréquence de rotation F (Hz), le calcul de la puissance d'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 en fonction de la température extérieure Te est défini selon la formule suivante :

$$P_{ecs_T.Zen}(Te, F) = a_{ecs}(F) \times Te^2 + b_{ecs}(F) \times Te + c_{ecs}(F) \quad (\text{en W})$$

où :

a_{ecs}(F), b_{ecs}(F) et c_{ecs}(F) : coefficients dépendant de la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 et définis dans le tableau 11 suivant :

Tableau 11. – Valeurs des coefficients a_{ecs}(F), b_{ecs}(F) et c_{ecs}(F)

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	a _{ecs} (F)	b _{ecs} (F)	c _{ecs} (F)
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	20	- 0,044	9,985	849,73
		30	- 0,035	12,616	1 143,33
		40	- 0,032	14,709	1 387,58
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	40	0,098	27,811	1 387,5
		60	0,129	35,087	1 855,18
		80	0,141	41,088	2 239,65
		100	0,133	46,733	2 561,42

Le calcul de la puissance d'eau chaude sanitaire maximale du système T.Zen 400/4000 est définie, en fonction de l'allure du système et de la température extérieure Te, selon la formule suivante :

Allure normale :

$$P_{ecs_max_normale_T.Zen}(Te) = \text{Min}(P_{ecs_T.Zen}[Te, 40\text{ Hz}]; P_{ecs}[Te]) \quad (\text{en W})$$

Allure boost :

$$P_{ecs_max_boost_T.Zen}(Te) = \text{Min}(P_{ecs_T.Zen}[Te, 100\text{ Hz}]; P_{ecs}[Te]) \quad (\text{en W})$$

Pour un mode de fonctionnement à une température extérieure, Te, le calcul de l'évolution de la puissance utile d'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 en fonction de la fréquence de rotation F et de l'allure est défini selon la formule suivante :

$$P_{ecs_utile_T.Zen}(Te, F) = a_{ecs}(Te) \times F^2 + b_{ecs}(Te) \times F + c_{ecs}(Te) \quad (\text{en W})$$

où :

F : fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 (Hz) ;

a_{ecs}(Te), b_{ecs}(Te) et c_{ecs}(Te) : coefficients dépendant de la température extérieure et définis dans le tableau 12 suivant :

Tableau 12. – Valeurs des coefficients $a_{ecs}(Te)$, $b_{ecs}(Te)$ et $c_{ecs}(Te)$

DESCRIPTION	ALLURE	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE T_e	$a_{ecs}(Te)$	$b_{ecs}(Te)$	$c_{ecs}(Te)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	10 °C	- 0,277	45,93	137,4
		20 °C	- 0,3145	50,715	143,4
		30 °C	- 0,358	55,97	133,7
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	10 °C	- 0,1329	41,486	212,645
		20 °C	- 0,156	48,099	289,416
		30 °C	- 0,181	55,154	372,738

En fonction de la puissance d'eau chaude sanitaire nécessaire pour le bâtiment, le calcul de la fréquence de rotation, F_{ecs} , du système T.Zen 400/4000 en mode eau chaude sanitaire est défini, en fonction de l'allure du système et de la température extérieure T_e , selon la formule suivante :

Si $P_{ecs}(Te) \leq P_{ecs_max_normale_T.Zen}$

$$F_{ecs}(Te) = F_{ecs_normale}(Te) = \text{Min}(F_1; F_2) \text{ (en Hz)}$$

où :

F_1 et F_2 : fréquences définies selon les deux formules suivantes :

$$F_1 = \text{Max}\left(20; \frac{-b_{ecs}(Te) + \Delta}{2 \times a_{ecs}(Te)}\right) \text{ (en Hz)} \quad F_2 = \text{Min}\left(40; \frac{-b_{ecs}(Te) - \Delta}{2 \times a_{ecs}(Te)}\right) \text{ (en Hz)}$$

où :

$a_{ecs}(Te)$, $b_{ecs}(Te)$ et $c_{ecs}(Te)$: coefficients définis dans le tableau 12 et correspondants à l'allure normale ;
 Δ : coefficient défini selon la formule suivante :

$$\Delta = \sqrt{b_{ecs}(Te)^2 - 4 \times a_{ecs}(Te) \times (c_{ecs}(Te) - P_{ecs}(Te))}$$

Si $P_{ecs}(Te) > P_{ecs_max_normale_T.Zen}(Te)$

$$F_{ecs}(Te) = F_{ecs_boost}(Te) = \text{Min}(F_1; F_2) \text{ (en Hz)}$$

où :

F_1 et F_2 : fréquences définies selon les deux formules suivantes :

$$F_1 = \text{Max}\left(40; \frac{-b_{ecs}(Te) + \Delta}{2 \times a_{ecs}(Te)}\right) \text{ (en Hz)} \quad F_2 = \text{Min}\left(100; \frac{-b_{ecs}(Te) - \Delta}{2 \times a_{ecs}(Te)}\right) \text{ (en Hz)}$$

où :

$a_{ecs}(Te)$, $b_{ecs}(Te)$ et $c_{ecs}(Te)$: coefficients définis dans le tableau 12 et correspondant à l'allure boost ;
 Δ : coefficient défini selon la formule suivante :

$$\Delta = \sqrt{b_{ecs}(Te)^2 - 4 \times a_{ecs}(Te) \times (c_{ecs}(Te) - P_{ecs}(Te))}$$

Le calcul de la puissance utile d'eau chaude sanitaire pour le bâtiment à une température extérieure T_e est donc défini selon la formule suivante :

$$P_{ecs_utile}(Te) = a_{ecs}(Te) \times F_{ecs}(Te)^2 + b_{ecs}(Te) \times F_{ecs}(Te) + c_{ecs}(Te) \text{ (en W)}$$

où :

$F_{ecs}(Te)$: la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 en mode eau chaude sanitaire à la température extérieure T_e ;

$a_{ecs}(Te)$, $b_{ecs}(Te)$ et $c_{ecs}(Te)$: coefficients définis dans le tableau 12 et correspondant à :

– l'allure normale si $P_{ecs}(Te) \leq P_{ecs_max_normale_T.Zen}(Te)$;

– l'allure boost si $P_{ecs}(T_e) > P_{ecs_max_normale_T.Zen}(T_e)$.

3.2.5.2. Calcul de la puissance absorbée en mode eau chaude sanitaire pour chaque température extérieure suivante : 10 °C, 20 °C et 30 °C

Pour chaque mode et allure de fonctionnement (normale ou boost) et fréquence de rotation F (Hz), le calcul de la puissance absorbée en mode eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 en fonction de la température extérieure T_e est définie selon la formule suivante :

$$P_{abs_ecs_T.Zen}(T_e, F) = a_{abs_ecs}(F) \times T_e^2 + b_{abs_ecs}(F) \times T_e + c_{abs_ecs}(F) \text{ (en W)}$$

où :

$a_{abs_ecs}(F)$, $b_{abs_ecs}(F)$ et $c_{abs_ecs}(F)$: coefficients dépendant de la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 et définis dans le tableau 13 suivant :

Tableau 13. – Valeurs des coefficients $a_{abs_ecs}(F)$, $b_{abs_ecs}(F)$ et $c_{abs_ecs}(F)$

DESCRIPTION	ALLURE	FRÉQUENCE DE ROTATION F (en Hz)	$a_{abs_ecs}(F)$	$b_{abs_ecs}(F)$	$c_{abs_ecs}(F)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	20	- 0,011	1,118	297,528
		30	- 0,012	2,036	420,43
		40	- 0,003	2,761	535,684
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	40	- 0,023	2,192	390,583
		60	- 0,014	3,778	515,334
		80	0,001	5,554	634,872
		100	0,138	16,457	1 261,158

Pour un mode de fonctionnement à une température extérieure T_e , le calcul de l'évolution de la puissance absorbée utile en mode eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 en fonction de la fréquence de rotation F et de l'allure est défini selon la formule suivante :

$$P_{abs_utile_ecs_T.Zen}(T_e, F) = a_{abs_ecs}(T_e) \times F^2 + b_{abs_ecs}(T_e) \times F + c_{abs_ecs}(T_e) \text{ (en W)}$$

où :

F : fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 (Hz) ;

$a_{abs_ecs}(T_e)$, $b_{abs_ecs}(T_e)$ et $c_{abs_ecs}(T_e)$: coefficients dépendant de la température extérieure et définis dans le tableau 14 suivant :

Tableau 14. – Valeurs des coefficients $a_{abs_ecs}(T_e)$, $b_{abs_ecs}(T_e)$ et $c_{abs_ecs}(T_e)$

DESCRIPTION	ALLURE	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE T_e	$a_{abs_ecs}(T_e)$	$b_{abs_ecs}(T_e)$	$c_{abs_ecs}(T_e)$
Mode sans recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 160 m³/h	Normale	10 °C	- 0,043	15,35	17,8
		20 °C	- 0,039	16,05	10
		30 °C	- 0,025	16,23	6,4
Mode avec recyclage et sans eau Tair extrait = 20 °C Qair = 400 m³/h	Boost	10 °C	- 0,019	15,117	115,654
		20 °C	- 0,016	17,181	85,941
		30 °C	- 0,008	19,083	54,546

Le calcul de la puissance absorbée en mode eau chaude sanitaire pour le bâtiment à une température extérieure T_e est donc défini selon la formule suivante :

$$P_{\text{abs_ecs}}(\text{Te}) = a_{\text{abs_ecs}}(\text{Te}) \times F_{\text{ecs}}(\text{Te})^2 + b_{\text{abs_ecs}}(\text{Te}) \times F_{\text{ecs}}(\text{Te}) + c_{\text{abs_ecs}}(\text{Te}) \quad (\text{en W})$$

où :

$F_{\text{ecs}}(\text{Te})$: la fréquence de rotation du système T.Zen 400/4000 en mode eau chaude sanitaire à une température extérieure donnée Te ;

$a_{\text{abs_ecs}}(\text{Te})$, $b_{\text{abs_ecs}}(\text{Te})$ et $c_{\text{abs_ecs}}(\text{Te})$: coefficients définis dans le tableau 14 et correspondants à :

- l'allure normale si $P_{\text{ecs}}(\text{Te}) \leq P_{\text{ecs_max_normale_T.Zen}}(\text{Te})$
- l'allure boost si $P_{\text{ecs}}(\text{Te}) > P_{\text{ecs_max_normale_T.Zen}}(\text{Te})$

3.2.5.3. Calcul du coefficient de performance en mode eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000

Le calcul du coefficient de performance du système T.Zen 400/4000, $\text{COP}_{\text{ecs}}(\text{Te})$ en mode eau chaude sanitaire, pour une température extérieure Te , parmi les trois suivantes, 10 °C, 20 °C et 30 °C, est défini selon la formule suivante :

$$\text{COP}_{\text{ecs}}(\text{Te}) = \frac{P_{\text{ecs_utile}}(\text{Te})}{P_{\text{abs_ecs}}(\text{Te})}$$

où :

$P_{\text{ecs_utile}}(\text{Te})$: puissance d'eau chaude sanitaire utile pour le bâtiment à une température extérieure donnée Te ;

$P_{\text{abs_ecs}}(\text{Te})$: puissance absorbée en mode eau chaude sanitaire à une température extérieure donnée Te .

A partir des trois valeurs suivantes du coefficient de performance, $\text{COP}_{\text{ecs}}(10 \text{ °C})$, $\text{COP}_{\text{ecs}}(20 \text{ °C})$ et $\text{COP}_{\text{ecs}}(30 \text{ °C})$, on déduit le coefficient de performance du système T.Zen 400/4000, $\text{COP}_{\text{ecs}}(\text{Te})$ en mode eau chaude sanitaire, pour une température extérieure Te , qui peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$\text{COP}_{\text{ecs}}(\text{Te}) = (a_{\text{ecs}} \times \text{Te}^2 + b_{\text{ecs}} \times \text{Te} + c_{\text{ecs}}) \times 0,9$$

où :

a_{ecs} , b_{ecs} et c_{ecs} : coefficients résultant d'une régression polynomiale à partir des points $\text{COP}_{\text{ecs}}(10 \text{ °C})$, $\text{COP}_{\text{ecs}}(20 \text{ °C})$ et $\text{COP}_{\text{ecs}}(30 \text{ °C})$.

3.2.5.4. Calcul de la consommation d'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure Te

Le calcul de la consommation d'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure Te est défini selon la formule suivante :

$$C_{\text{ecs_T.Zen}}(\text{Te}) = \frac{\text{NH}(\text{Te}) \times \text{Min}(P_{\text{ecs_T.Zen}}(10^\circ\text{C}, 100\text{Hz}); P_{\text{ecs}})}{\text{COP}_{\text{ecs}}(\text{Te}) \times 1000} - C_{\text{H_T.Zen}}(\text{Te}) \quad (\text{en kWh})$$

où :

$\text{NH}(\text{Te})$: nombre d'occurrences de la température Te , défini au tableau 2 (en heure) ;

$\text{COP}_{\text{ecs}}(\text{Te})$: coefficient de performance du système T.Zen 400/4000 pour une température extérieure Te ;

P_{ecs} : puissance d'eau chaude sanitaire nécessaire (W) ;

$P_{\text{ecs_T.Zen}}(10 \text{ °C}, 100 \text{ Hz})$: puissance d'eau chaude sanitaire maximale du système T.Zen 400/4000 à 100 Hz et à 10 °C (W) ;

Le calcul de la consommation d'eau chaude sanitaire de l'appoint du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure Te est défini selon la formule suivante :

$$C_{\text{ecs_appoint_T.Zen}}(\text{Te}) = \frac{\text{NH}(\text{Te}) \times \text{Max}(0; P_{\text{ecs}} - P_{\text{ecs_T.Zen}}(10^\circ\text{C}, 100\text{Hz}))}{1000} \quad (\text{en kWh})$$

où :

$\text{NH}(\text{Te})$: nombre d'occurrences de la température Te , défini au tableau 2 (en heure) ;

P_{ecs} : puissance d'eau chaude sanitaire nécessaire (W) ;

$P_{\text{ecs_T.Zen}}(10 \text{ °C}, 100 \text{ Hz})$: puissance d'eau chaude sanitaire maximale du système T.Zen 400/4000 à 100 Hz et à 10 °C (W).

3.2.6. Calcul de la consommation du chauffage, du rafraîchissement et de l'eau chaude sanitaire sur l'année

3.2.6.1. Calcul de la consommation annuelle de chauffage

Le calcul de la consommation annuelle de chauffage du système T.Zen 400/4000 en énergie finale est défini selon la formule suivante :

$$C_{ch_T.Zen} = \frac{\sum_{T_e=-10^{\circ}C}^{40^{\circ}C} C_{ch_T.Zen}(T_e) + \sum_{T_e=-10^{\circ}C}^{40^{\circ}C} C_{ch_appoint_T.Zen}(T_e)}{SHON} \quad (\text{en kWh}/(\text{m}^2.\text{an}))$$

où :

$C_{ch_T.Zen}(T_e)$: consommation de chauffage du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure T_e (kWh) ;

$C_{ch_appoint_T.Zen}(T_e)$: consommation de chauffage de l'appoint du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure T_e (kWh) ;

SHON : surface hors œuvre nette du bâtiment.

3.2.6.2. Calcul de la consommation annuelle de rafraîchissement

Le calcul de la consommation annuelle de rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 en énergie finale est défini selon la formule suivante :

$$C_{fr_T.Zen} = \frac{\sum_{T_e=-10^{\circ}C}^{40^{\circ}C} C_{fr_T.Zen}(T_e)}{SHON} \quad (\text{en kWh}/(\text{m}^2.\text{an}))$$

où :

$C_{fr_T.Zen}(T_e)$: consommation de rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure T_e (kWh) ;

SHON : surface hors œuvre nette du bâtiment.

3.2.6.3. Calcul de la consommation annuelle d'eau chaude sanitaire

Le calcul de la consommation annuelle d'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 en énergie finale est défini selon la formule suivante :

$$C_{ecs_T.Zen} = \frac{\sum_{T_e=-10^{\circ}C}^{40^{\circ}C} C_{ecs_T.Zen}(T_e) + \sum_{T_e=-10^{\circ}C}^{40^{\circ}C} C_{ecs_appoint_T.Zen}(T_e)}{SHON} \quad (\text{en kWh}/(\text{m}^2.\text{an}))$$

où :

$C_{ecs_T.Zen}(T_e)$: consommation d'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure T_e (kWh) ;

$C_{ecs_appoint_T.Zen}(T_e)$: consommation d'eau chaude sanitaire de l'appoint du système T.Zen 400/4000 pour chaque température extérieure T_e (kWh) ;

SHON : surface hors œuvre nette du bâtiment.

3.2.7. Calcul des coefficients de performance du système T.Zen 400

$\alpha_{chauffage}$, $\alpha_{rafraichissement}$, et α_{ecs}

3.2.7.1. Calcul du coefficient de performance $\alpha_{chauffage}$

Le calcul du coefficient de performance du système T.Zen 400/4000 en mode chauffage est défini selon la formule suivante :

$$\alpha_{chauffage} = \frac{C_{ch_T.Zen} \times 2,58}{B_{ch}}$$

où :

$C_{ch_T.Zen}$: consommation annuelle de chauffage du système T.Zen 400/4000 en énergie finale (kWh/[m².an])

B_{ch} : besoins de chauffage issus du premier calcul sous Th-CE (kWh/[m².an]).

3.2.7.2. Calcul du coefficient de performance $\alpha_{rafraichissement}$

Le calcul du coefficient de performance du système T.Zen 400/4000 en mode rafraîchissement est défini selon la formule suivante :

$$\alpha_{rafraichissement} = \frac{C_{fr_T.Zen} \times 2,58}{B_{fr}}$$

où :

$C_{fr, T.Zen}$: consommation annuelle de rafraîchissement du système T.Zen 400/4000 en énergie finale (kWh/[m².an]) ;

B_{fr} : besoins de rafraîchissement issus du premier calcul sous Th-CE (kWh/[m².an]).

3.2.7.3. Calcul du coefficient de performance α_{ecs}

Le calcul du coefficient de performance du système T.Zen 400/4000 en mode eau chaude sanitaire est défini selon la formule suivante :

$$\alpha_{ecs} = \frac{C_{ecs, T.Zen} \times 2,58}{B_{ecs}}$$

où :

$C_{ecs, T.Zen}$: consommation annuelle d'eau chaude sanitaire du système T.Zen 400/4000 en énergie finale (kWh/[m².an]) ;

B_{ecs} : besoins d'eau chaude sanitaire issus du premier calcul sous Th-CE (kWh/[m².an]).