

Aménagement, nature

MINISTÈRE DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES
ET DU LOGEMENT

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

**Arrêté du 1^{er} octobre 2013 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative
à la prise en compte du système « MT2I » dans la réglementation thermique 2012**

NOR : ETL1321952A

(Texte non paru au *Journal officiel*)

La ministre de l'égalité des territoires et du logement et le 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 ;

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,

Arrêtent :

Article 1^{er}

Conformément à l'article 50 de l'arrêté du 26 octobre 2010 susvisé, le mode de prise en compte du système « MT2I » 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 de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

Fait le 1^{er} octobre 2013.

Pour la ministre de l'égalité des territoires
et du logement et par délégation :

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

K. NARCY

Pour le ministre de l'écologie, du développement durable
et de l'énergie et par délégation :

*Le directeur général de l'énergie
et du climat,*
L. MICHEL

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

K. NARCY

ANNEXE

MODALITÉS DE PRISE EN COMPTE DU SYSTÈME « MT2I » DANS LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

1. Définition du système

Au sens du présent arrêté, le système « MT2I » est un système distribué capable d'assurer les besoins de ventilation, chauffage et climatisation dans les locaux des bâtiments de bureaux.

On définit par « système MT2I » l'assemblage d'**une** centrale de traitement d'air (CTA) et de **plusieurs** ventilateurs MT2I raccordés aux terminaux. Ainsi l'unité de surface de bâtiment utilisée pour décrire le système MT2I est l'**ensemble** de locaux, auxquels une centrale de traitement d'air (CTA) doit être attribuée. Les calculs réglementaires des coefficients caractéristiques du système MT2I peuvent être effectués pour différents ensembles appartenant à un projet.

La centrale de traitement d'air permet de traiter thermiquement l'air neuf et de le souffler dans le caisson d'air primaire. Les modules de ventilation MT2I aspirent l'air neuf préparé dans le caisson et le souffle dans les terminaux de type « poutre climatique ».

2. Domaine d'application

Cette méthode s'applique aux bâtiments tertiaires de type « bureaux » dans lequel la surface des baies horizontales est inférieure à 1% de la surface utile du dernier niveau.

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

La présente méthode utilisée pour intégrer le système « MT2I » dans la méthode de calcul Th-BCE s'applique en quatre étapes :

1. Détermination des variables nécessaires à l'application du présent arrêté
2. Le prétraitement qui permet, à partir de la description du système de :
 - calculer la consommation maximale C'_{MT2I} des ventilateurs,
 - calculer la part de climatisation traitée par l'appoint d'air neuf de la centrale β_{an} et la part de climatisation traitée par les émetteurs β_{batt} ,
 - calculer le coefficient correctif des consommations énergétiques des auxiliaires de ventilation (ventilateurs CTA et ventilateurs MT2I)
 $\alpha_{vent, projet}$.
3. Un calcul RT2012 avec la méthode de calcul Th-BCE à partir des données issues du prétraitement et les données du projet, afin de caractériser le système MT2I,
4. Le post-traitement qui permet de corriger les consommations énergétiques des auxiliaires de ventilation, par le coefficient $\alpha_{vent, projet}$.

3.1 Détermination des variables nécessaires à l'application du présent arrêté

3.1.1 Variables du bâtiment

Les variables du bâtiment qui impactent la performance du système sont les suivantes :

- Facteur solaire global moyen sans protections mobiles en place pour le calcul de $S_{w,moy}$ calculé selon la formule :

$$S_{w,moy} = \frac{\sum_{i=1}^N S_{w,i} * A_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \quad (1)$$

Où :

- A_i = Surface de la baie i
- $S_{w,i}$ = facteur solaire global de la baie vitrée i sans protections mobiles
- Surface des baies par rapport à la surface utile, Rat_{baies} défini par :

$$Rat_{baies} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{SU_i} \quad (2)$$

Où :

- A_i = surface de la baie i
- SU_i = surface utile RT de l'ensemble de locaux i

Le présent Titre V ne s'applique qu'aux bâtiments dont les valeurs $S_{w,moy}$ et Rat_{baies} respectent les limites définies dans le tableau 1 :

	Valeur minimale	Valeur maximale
$S_{w,moy}$	0,22	0,51
Rat_{baies}	0,10	0,45

Tableau 1 : Seuils des variables bâtiments

Les zones climatiques définies suivant la RT2012 sont divisées en 3 groupements de zones :

Groupe 1 : H1a, H1b, H1c, H2a

Groupe 2 : H2b, H2c

Groupe 3 : H2d, H3

3.1.2 Variables système

Les variables système nécessaires à l'application du Titre V sont les suivantes :

- Nombre de ventilateurs MT2I par personne dans l'ensemble de locaux, X_{nv}
- Température d'arrivée d'eau au terminal en conditions de refroidissement, $T_{batt,terminal}$
- Débit minimal « hygiénique » d'air neuf par personne, $Q_{vent,min,pers}$

Le présent Titre V ne s'applique qu'aux bâtiments dont les valeurs X_{nv} , $T_{batt,terminal}$ et $Q_{vent,min,pers}$ respectent les limites définies dans le tableau 2 :

	Valeur minimale	Valeur maximale
X_{nv}	0.5	1
$T_{batt,terminal}$ (en °C)	14	18
$Q_{vent,min,pers}$ (en m ³ /h)	30	70

Tableau 2 : Seuils des variables système

On détermine ensuite à partir de ces trois variables :

- Le débit d'air neuf minimum « hygiénique » par poutre climatique $Q_{vent,min}$ calculée par selon la formule :

$$Q_{vent,min} = \frac{Q_{vent,min,pers} * N_{pers}}{N_{MT2I}} \quad (3)$$

Où :

- $Q_{vent,min,pers}$ = Débit minimal « hygiénique » d'air neuf par personne
- N_{pers} = Nombre de personne dans l'ensemble de locaux
- N_{MT2I} = Nombre de ventilateurs MT2I par personne dans l'ensemble de locaux donné par :

$$N_{MT2I} = X_{nv} * N_{pers} \quad (4)$$

Avec : - X_{nv} = Nombre de ventilateurs MT2I par personne

- La température de soufflage de la CTA, $T_{souff,CTA,fr}$ issue du tableau 3 ci-dessous :

$T_{batt,ter\ min\ al}$ (en °C)	$Q_{vent,min}$ (en m ³ /h)	$T_{souff,CTA,fr}$ (en °C)	$T_{batt,ter\ min\ al}$ (en °C)	$Q_{vent,min}$ (en m ³ /h)	$T_{souff,CTA,fr}$ (en °C)
14	20	9.8	15	20	11.2
	30	11.5		30	12.7
	40	12.2		40	13.4
	50	12.7		50	13.8
	60	13.0		60	14.1
	70	13.2		70	14.3
	80	13.3		80	14.4
	90	13.4		90	14.5
	100	13.5		100	14.6
	110	13.6		110	14.7
	20	12.5		20	13.8
	30	13.9		30	15.1
	40	14.6		40	15.7
	50	14.9		50	16.0
	60	15.2		60	16.2
	70	15.4		70	16.4
	80	15.5		80	16.5
	90	15.6		90	16.6

	100	15.7		100	16.7
	110	15.7		110	16.7
18	20	15.0			
	30	16.2			
	40	16.7			
	50	17.1			
	60	17.3			
	70	17.4			
	80	17.5			
	90	17.6			
	100	17.6			
	110	17.7			

Tableau 3 : Température de soufflage CTA en conditions de refroidissement

- Les pertes de pression du terminal $DP_{nom,term,moy}$ et des gaines $DP_{nom,,gaine,moy}$ reliant le ventilateur au terminal, au débit nominal $Q_{vent,nom,moy}$. Ces valeurs sont définies par l'utilisateur et correspondent au réseau aéraulique moyen de tous les terminaux de l'ensemble des locaux,
- Le débit maximal $Q_{vent,max}$ défini par l'utilisateur.

Pour l'ensemble des valeurs précédemment définies, l'utilisateur peut utiliser les valeurs types proposées dans le tableau 4 :

Variable	Valeur type	Unité
X_{nv}	0.5	[-]
$T_{batt,terminal}$	14.6	[°C]
$Q_{vent,max}$	104	[m ³ /h]
$Q_{vent,nom,moy}$	104	[m ³ /h]
$DP_{nom,term,moy}$	74	[Pa]
$DP_{nom,,gaine,moy}$	46	[Pa]

Tableau 4: Variables types du système MT2I

3.2 Prétraitement

3.2.1 Calcul de la consommation maximale du ventilateur MT2I

Le calcul de la consommation du ventilateur MT2I est ensuite effectué au débit maximal $Q_{vent,max}$ et est basé sur :

- La configuration du réseau aéraulique équivalent défini par une perte de pression du terminal $DP_{nom,term,moy}$ et la gaine $DP_{nom,,gaine,moy}$ reliant le ventilateur au terminal, au débit nominal $Q_{vent,nom,moy}$. Ces valeurs seront définies par l'utilisateur et correspondent au réseau aéraulique moyen de tous les terminaux de l'ensemble.

- La pression disponible aux bornes du ventilateur $P_{disp,vitess,i}$ en fonction du débit délivré Q_v , aux différentes vitesses du ventilateur, définie par une matrice de coefficients (b_0, b_1, b_2) pour des vitesses de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10V.

- La consommation du ventilateur $C_{vitess,i}(Q_v)$ en fonction du débit délivré Q_v , aux différentes vitesses du ventilateur, définie par une matrice de coefficients (c_0, c_1, c_2) pour des vitesses de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10V.

Le coefficient de perte de pression équivalent, a_{reseau} , du réseau aéraulique traité par le ventilateur MT2I est donné par l'équation suivante :

$$a_{reseau} = \frac{DP_{nom,term,moy} + DP_{nom,gaine,moy}}{Q_{vent,nom,moy}^2} \quad (5)$$

Lorsque le ventilateur fournit un débit $Q_{vent,max}$, la perte de pression du réseau aéraulique est donnée par l'équation suivante :

$$DP_{max,reseau} = a_{reseau} * Q_{vent,max}^2 \quad (6)$$

La pression statique disponible aux bornes du ventilateur fonctionnant à un débit Q_v est donnée par l'équation suivante :

$$P_{disp,vitess,i}(Q_v) = b_2 * Q_v^2 + b_1 * Q_v + b_0 \quad (7)$$

La pression statique disponible aux bornes du ventilateur $P_{disp,vitess,i}(Q_{vent,max})$, au débit délivré $Q_{vent,max}$, et aux différentes vitesses sera calculée dans le tableau 5, à partir de la matrice des coefficients (b_0, b_1, b_2), donnée dans le tableau 6 et l'équation suivante :

$$P_i = P_{disp,vitess,i}(Q_{vent,max}) = b_2 * Q_{vent,max}^2 + b_1 * Q_{vent,max} + b_0 \quad i \in [2;10] \quad (8)$$

Vitesse v (V)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{disp,vitess,i}(Q_{vent,max})$ (Pa)	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀

Tableau 5 : Pression statique du ventilateur au débit $Q_{vent,max}$ et aux différentes vitesses

Vitesse v (V)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b_2	-0.0014	-0.0029	-0.0031	-0.0023	-0.0024	-0.0022	-0.0021	-0.0021	-0.0016
b_1	-0.1836	-0.1123	-0.1015	-0.2537	-0.348	-0.4128	-0.5072	-0.5903	-0.7765
b_0	16.921	37.382	67.009	110.23	171.83	243.26	321.93	417.41	461.78

Tableau 6 : Matrice des coefficients de calcul de pression statique aux différentes vitesses

La perte de pression due au réseau aéraulique $DP_{max,reseau}$ est située entre une borne inférieure P_{inf} et une borne supérieure P_{sup} de pression disponible $P_{disp,vitess,i}(Q_{vent,max})$, correspondant à

une vitesse inférieure V_{inf} et vitesse supérieure V_{sup} . La vitesse du ventilateur V_{max} est calculée par interpolation linéaire :

$$P_{i-1} < DP_{max,réseau} < P_i \quad i \in [2;10]$$

$$V_{sup} = i$$

$$V_{inf} = i - 1$$

$$P_{sup} = P_i$$

$$P_{inf} = P_{i-1}$$
(9)

$$V_{max} = \frac{V_{sup} - V_{inf}}{P_{sup} - P_{inf}} * (DP_{max,réseau} - P_{inf}) + V_{inf}$$

La consommation du ventilateur au débit délivré Q_v est donnée par l'équation suivante:

$$C_{vitesse,i}(Q_v) = c_2 * Q_v^2 + c_1 * Q_v + c_0 \quad (10)$$

La consommation électrique du ventilateur, au débit délivré $Q_{vent,max}$, et aux différentes vitesses sera calculée dans le tableau 7, à partir de la matrice des coefficients (c_0, c_1, c_2), donnée dans le tableau 8 et l'équation suivante :

$$CiV = C_{vitesse,i}(Q_{vent,max}) = c_2 * Q_{vent,max}^2 + c_1 * Q_{vent,max} + c_0 \quad i \in [2;10] \quad (11)$$

Vitesse v (V)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_{vitesse,i}(Q_{vent,max})$ (W)	C2V	C3V	C4V	C5V	C6V	C7V	C8V	C9V	C10V

Tableau 7 : Vecteur de consommation du ventilateur au débit $q_{vent,max}$ et aux différentes vitesses

Vitesse v (V)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c_2	-0.0005	-0.0002	-0.0002	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0002
c_1	0.0355	0.0193	0.0393	0.0665	0.0877	0.117	0.1368	0.1586	0.0987
c_0	3.7811	4.8914	6.2489	7.9632	11.781	14.962	21.581	30.712	39.307

Tableau 8 : Matrice des coefficients de calcul de consommation aux différentes vitesses

La consommation du ventilateur au débit délivré $Q_{vent,max}$ est calculée par interpolation linéaire entre la consommation à la vitesse inférieure V_{inf} et vitesse supérieure V_{sup} :

$$i - 1 < V_{max} < i \quad i \in [2;10]$$

$$V_{sup} = i$$

$$V_{inf} = i - 1$$

$$C_{sup} = C(i - 1)V$$
(12)

$$C_{inf} = CiV$$

$$C_{max} = \frac{C_{sup} - C_{inf}}{V_{sup} - V_{inf}} * (V_{max} - V_{inf}) + C_{inf}$$

La consommation totale des ventilateurs de l'ensemble est donnée par :

$$C_{MT2I} = C_{max} * N_{MT2I} \quad (13)$$

3.2.2 Calcul de la consommation du système dans le mode inoccupé.

La consommation liée à la période inoccupée va être prise en compte par sur-dimensionnement de la puissance installée de ventilateurs MT2I.

Le nombre total des heures pendant la période inoccupée durant lequel les ventilateurs MT2I sont activés représente une fraction de la période totale d'occupation, Rat_h :

$$Rat_h = \frac{t_{unocc}}{t_{occ}} \quad (14)$$

$$Rat_{h1} = \delta_0 + \delta_1 * Rat_{baies} + \delta_2 * S_{w,moy} + \delta_3 * T_{batt,ter min al} + \delta_4 * Xnv + \delta_5 * Q_{vent,min,pers} + \delta_6 * Rat_{baies}^2 + \delta_7 * S_{w,moy}^2 + \delta_8 * T_{batt,ter min al}^2 + \delta_9 * Xnv^2 + \delta_{10} * Q_{vent,min,pers}^2 + \delta_{11} * Rat_{baies} * S_{w,moy} + \delta_{12} * Rat_{baies} * T_{batt,ter min al} + \delta_{13} * Rat_{baies} * Xnv + \delta_{14} * Rat_{baies} * Q_{vent,min,pers} + \delta_{15} * S_{w,moy} * T_{batt,ter min al} + \delta_{16} * S_{w,moy} * Xnv + \delta_{17} * S_{w,moy} * Q_{vent,min,pers} + \delta_{18} * T_{batt,ter min al} * Xnv + \delta_{19} * T_{batt,ter min al} * Q_{vent,min,pers} + \delta_{20} * Xnv * Q_{vent,min,pers} \quad (15)$$

$$Rat_h = Max(0, Min(0,5; Rat_{h1})) \quad (16)$$

Avec :

	Groupe climatique 1	Groupe climatique 2	Groupe climatique 3
δ_0	-0.32531	-0.64715	-0.64729
δ_1	0.43608	0.05661	-0.14413
δ_2	0.24663	0.47686	0.61543
δ_3	0.04208	0.08252	0.09611
δ_4	-0.23014	-0.25323	-0.25657
δ_5	0.00174	0.00172	0.00189
δ_6	0.64783	0.17844	-0.04531
δ_7	0.36526	0.33541	-0.01924
δ_8	-0.00149	-0.00289	-0.00364
δ_9	0.09416	0.09227	0.08026
δ_{10}	0.00000	0.00000	-0.00001
δ_{11}	-0.66628	-0.42230	-0.30160
δ_{12}	-0.01344	0.01112	0.01063
δ_{13}	0.28343	0.32819	0.31852
δ_{14}	0.00135	0.00079	0.00081
δ_{15}	-0.00186	-0.00691	0.00568
δ_{16}	0.03597	0.07153	0.13920
δ_{17}	-0.00105	-0.00081	-0.00025

δ_{18}	0.00729	0.00853	0.01149
δ_{19}	0.00008	0.00008	0.00011
δ_{20}	-0.00262	-0.00303	-0.00401

Tableau 9 : Coefficients δ pour le calcul du paramètre Rath

Pendant cette période, les ventilateurs MT2I vont fonctionner avec le débit correspondant à la moyenne annuelle. $Q_{vent,moy,unocc}$. Le taux d'utilisation moyen, k_{unocc} , du ventilateur MT2I en période d'inoccupation au delà du débit minimal hygiénique $Q_{vent,min}$, est donné par l'équation suivante :

$$k_{unocc} = \frac{Q_{vent,moy,unocc}}{Q_{vent,min}} = k * Rat_k \quad (17)$$

$$\begin{aligned} Rat_{k1} = & \kappa_0 + \kappa_1 * Rat_{baies} + \kappa_2 * S_{w,moy} + \kappa_3 * T_{batt,ter\ min\ al} + \kappa_4 * Xnv + \kappa_5 * Q_{vent,min,pers} \\ & + \kappa_6 * Rat_{baies}^2 + \kappa_7 * S_{w,moy}^2 + \kappa_8 * T_{batt,ter\ min\ al}^2 + \kappa_9 * Xnv^2 + \kappa_{10} * Q_{vent,min,pers}^2 \\ & + \kappa_{11} * Rat_{baies} * S_{w,moy} + \kappa_{12} * Rat_{baies} * T_{batt,ter\ min\ al} + \kappa_{13} * Rat_{baies} * Xnv + \kappa_{14} * Rat_{baies} * Q_{vent,min,pers} \\ & + \kappa_{15} * S_{w,moy} * T_{batt,ter\ min\ al} + \kappa_{16} * S_{w,moy} * Xnv + \kappa_{17} * S_{w,moy} * Q_{vent,min,pers} \\ & + \kappa_{18} * T_{batt,ter\ min\ al} * Xnv + \kappa_{19} * T_{batt,ter\ min\ al} * Q_{vent,min,pers} + \kappa_{20} * Xnv * Q_{vent,min,pers} \end{aligned} \quad (18)$$

$$Rat_k = Max(0, Min(1; Rat_{k1})) \quad (19)$$

Avec:

	Groupe climatique 1	Groupe climatique 2	Groupe climatique 3
κ_0	0.57266	0.63433	0.80987
κ_1	0.16212	0.16313	0.06997
κ_2	0.25382	0.29767	0.34770
κ_3	-0.01774	-0.02647	-0.05685
κ_4	1.20237	1.36792	1.76486
κ_5	-0.01864	-0.02056	-0.02410
κ_6	0.52272	0.62811	0.83315
κ_7	0.24166	0.15965	0.00995
κ_8	0.00054	0.00083	0.00172
κ_9	0.62856	0.65460	0.56484
κ_{10}	0.00018	0.00015	0.00012
κ_{11}	-0.14826	-0.00079	0.36233
κ_{12}	-0.03501	-0.03775	-0.04052
κ_{13}	0.62284	0.48431	0.10014
κ_{14}	-0.00913	-0.00821	-0.00330
κ_{15}	0.00593	-0.00994	-0.00334
κ_{16}	-1.11538	-1.31350	-1.59988
κ_{17}	0.00792	0.01455	0.01697
κ_{18}	-0.02313	-0.03072	-0.04453
κ_{19}	0.00041	0.00059	0.00080
κ_{20}	-0.02056	-0.02033	-0.01792

Tableau 10 : Coefficients κ pour le calcul du paramètre Ratk

Le taux d'utilisation correspond au fonctionnement en mode occupé k est calculé en utilisant les corrélations suivantes :

$$\begin{aligned}
 k' = & \gamma_0 + \gamma_1 * Rat_{baies} + \gamma_2 * S_{w,moy} + \gamma_3 * T_{batt,ter\ min\ al} + \gamma_4 * Xnv + \gamma_5 * Q_{vent,min,pers} \\
 & + \gamma_6 * Rat_{baies}^2 + \gamma_7 * S_{w,moy}^2 + \gamma_8 * T_{batt,ter\ min\ al}^2 + \gamma_9 * Xnv^2 + \gamma_{10} * Q_{vent,min,pers}^2 \\
 & + \gamma_{11} * Rat_{baies} * S_{w,moy} + \gamma_{12} * Rat_{baies} * T_{batt,ter\ min\ al} + \gamma_{13} * Rat_{baies} * Xnv + \gamma_{14} * Rat_{baies} * Q_{vent,min,pers} \quad (20) \\
 & + \gamma_{15} * S_{w,moy} * T_{batt,ter\ min\ al} + \gamma_{16} * S_{w,moy} * Xnv + \gamma_{17} * S_{w,moy} * Q_{vent,min,pers} \\
 & + \gamma_{18} * T_{batt,ter\ min\ al} * Xnv + \gamma_{19} * T_{batt,ter\ min\ al} * Q_{vent,min,pers} + \gamma_{20} * Xnv * Q_{vent,min,pers}
 \end{aligned}$$

$$k = Max(1, Min(\frac{Q_{vent,max}}{Q_{vent,min}}; k')) \quad (21)$$

Avec :

- Le débit d'air neuf minimum « hygiénique » par poutre climatique $Q_{vent,min}$ qui est donné par les équations (3) et (4)

	Groupe climatique 1	Groupe climatique 2	Groupe climatique 3
γ_0	0.86036	0.79443	0.82552
γ_1	-0.35567	-0.55517	-0.74287
γ_2	0.47671	0.68264	0.83424
γ_3	0.00059	0.01249	0.00431
γ_4	-0.27995	-0.61373	-0.75314
γ_5	0.00615	0.00870	0.01097
γ_6	0.36329	0.24325	0.15769
γ_7	0.27053	0.57591	0.65284
γ_8	0.00012	-0.00061	-0.00025
γ_9	-0.09806	-0.12863	-0.15461
γ_{10}	0.00009	0.00012	0.00016
γ_{11}	0.76091	1.27925	1.67550
γ_{12}	0.04336	0.07462	0.11072
γ_{13}	-0.10171	-0.26391	-0.39206
γ_{14}	-0.01182	-0.01637	-0.02218
γ_{15}	0.01506	0.01628	0.01738
γ_{16}	0.03736	0.18332	0.21012
γ_{17}	-0.01721	-0.02761	-0.03240
γ_{18}	0.02449	0.04527	0.05648
γ_{19}	-0.00054	-0.00070	-0.00098
γ_{20}	-0.00019	0.00020	0.00041

Tableau 11 : Coefficients γ pour le calcul du paramètre k

Le taux de charge C_{unocc} des ventilateurs MT2I en période inoccupée et le taux de charge C des ventilateurs MT2I en période d'occupation sont définis par :

$$C_{unocc} = \frac{Q_{vent,moy,unocc}}{Q_{vent,max}} = k_{unocc} * \frac{Q_{vent,min}}{Q_{vent,max}} \quad (22)$$

$$C = \frac{Q_{vent,moy}}{Q_{vent,max}} = k * \frac{Q_{vent,min}}{Q_{vent,max}} \quad (23)$$

Deux facteurs de réduction de la consommation des ventilateurs sont ensuite appliqués : un $\alpha_{vent,unocc}$ correspondant à la période inoccupée et un autre facteur α_{vent} qui correspond à la période occupée. Ils sont calculés selon les formules suivantes :

- Pour un taux de charge C_{unocc} de 30 à 100%

$$\alpha_{vent,unocc} = 1,91 * C_{unocc}^2 - 0,96 * C_{unocc} + 0,23 \quad (24)$$

$$\alpha_{vent} = 1,91 * C^2 - 0,96 * C_{unocc} + 0,23 \quad (25)$$

- Pour un taux de charge C_{unocc} de 0 à 30%

$$\alpha_{vent,unocc} = 0,12 \quad (26)$$

$$\alpha_{vent} = 0,12 \quad (27)$$

Lorsque le projet contient plusieurs ensemble de locaux, les facteurs de réduction α_{vent} et $\alpha_{vent,unocc}$ sont calculés pour le projet comme une moyenne pondérée de tous les ensembles :

$$\alpha_{vent,projet} = \frac{\sum_1^n \alpha_{vent} * C_{MT2I}'}{\sum_1^n C_{MT2I}'} \quad (28)$$

Le facteur de réduction de la consommation correspondant à la période inoccupée $\alpha_{vent,unocc}$ représente une fraction du facteur de réduction correspondant à la période occupée α_{vent} , défini comme suit :

$$Rat_{\alpha} = \frac{\alpha_{vent,unocc}}{\alpha_{vent}} \quad (29)$$

La consommation totale des ventilateurs de l'ensemble considérant la surconsommation due aux périodes inoccupées C_{MT2I}' est calculée telle que :

$$C_{MT2I}' = (1 + Rat_h * Rat_\alpha) * C_{MT2I} \quad (30)$$

3.2.3 Calculs de la consommation maximale du système de ventilation

La valeur de la consommation à pleine charge du ventilateur de soufflage équivalent C_{souf} correspond à la somme des consommations à pleine charge des ventilateurs MT2I C_{MT2I}' et du ventilateur de soufflage de la CTA $C_{souf,CTA}$. Les valeurs de la consommation maximale (à pleine charge) des ventilateurs de la CTA sont des données indépendantes du système MT2I.

$$C_{souf} = C_{MT2I}' + C_{souf,CTA} \quad (31)$$

La consommation totale du système de ventilation C_{vent} est la somme des composantes de soufflage C_{souf} et d'extraction $C_{extr,CTA}$.

$$C_{vent} = C_{souf} + C_{extr,CTA} \quad (32)$$

3.2.4 Calcul de la part de refroidissement traité par la batterie β_{batt} et l'appoint d'air neuf β_{an} .

Pour chacun des groupes climatiques, la valeur des coefficients β_{an} et β_{batt} peut être déduite à partir des équations suivantes. La valeur des coefficients λ est donnée dans le tableau 12.

$$\begin{aligned} \beta_{an} = & \lambda_0 + \lambda_1 * Rat_{baies} + \lambda_2 * S_{w,moy} + \lambda_3 * T_{batt,terminal} + \lambda_4 * Xnv + \lambda_5 * Q_{vent,min,pers} \\ & + \lambda_6 * Rat_{baies}^2 + \lambda_7 * S_{w,moy}^2 + \lambda_8 * T_{batt,terminal}^2 + \lambda_9 * Xnv^2 + \lambda_{10} * Q_{vent,min,pers}^2 \\ & + \lambda_{11} * Rat_{baies} * S_{w,moy} + \lambda_{12} * Rat_{baies} * T_{batt,terminal} + \lambda_{13} * Rat_{baies} * Xnv + \lambda_{14} * Rat_{baies} * Q_{vent,min,pers} \\ & + \lambda_{15} * S_{w,moy} * T_{batt,terminal} + \lambda_{16} * S_{w,moy} * Xnv + \lambda_{17} * S_{w,moy} * Q_{vent,min,pers} \\ & + \lambda_{18} * T_{batt,terminal} * Xnv + \lambda_{19} * T_{batt,terminal} * Q_{vent,min,pers} + \lambda_{20} * Xnv * Q_{vent,min,pers} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\beta_{batt}' = 1 - \beta_{an} \quad (34)$$

$$\beta_{batt} = Max(0,6; Min(1, \beta_{batt}')) \quad (35)$$

Avec :

	Groupe climatique 1	Groupe climatique 2	Groupe climatique 3
λ_0	0.28148	0.22243	-0.23052
λ_1	-0.65079	-0.60949	-0.87280
λ_2	0.40910	0.44462	0.37361
λ_3	-0.04361	-0.03453	0.01490
λ_4	-0.36747	-0.50146	-0.20528
λ_5	0.00691	0.00779	0.00779
λ_6	0.15484	0.17372	-0.17013
λ_7	0.43555	0.57894	1.14613
λ_8	0.00164	0.00120	0.00010

λ_9	0.05483	0.10935	-0.01853
λ_{10}	0.00004	0.00005	0.00002
λ_{11}	0.53930	0.57853	0.65960
λ_{12}	0.06864	0.07011	0.10964
λ_{13}	-0.27623	-0.23283	-0.61177
λ_{14}	-0.00826	-0.01053	-0.00764
λ_{15}	-0.00369	0.00122	-0.02388
λ_{16}	-0.09505	-0.10409	-0.09986
λ_{17}	-0.01077	-0.01406	-0.01297
λ_{18}	0.01512	0.02046	0.00918
λ_{19}	-0.00054	-0.00055	-0.00066
λ_{20}	0.00234	0.00131	0.00522

Tableau 12 : Coefficients λ pour le calcul des paramètres β

3.3 Intégration du système MT2I dans la méthode Th-BCE

Le système MT2I est ensuite décrit par la méthode Th-BCE à travers les systèmes de ventilation et les émetteurs dans les locaux. Les données d'entrée à renseigner pour utiliser la méthode Th-BCE sont celles du projet et les données décrites dans les paragraphes suivants.

3.3.1 Ventilation

La ventilation du « système MT2I » se compose des ventilateurs de soufflage et d'extraction de la centrale de traitement d'air ainsi que des ventilateurs MT2I. La variable intrinsèque du système MT2I est la consommation à pleine charge des ventilateurs MT2I, C_{MT2I} .

La ventilation du « système MT2I » doit être décrite de la façon suivante :

Nom du composant	CTA système MT2I
Type de ventilation	Centrale à débit d'air constant
Description de l'échangeur	Description simplifiée
Certification de l'efficacité de l'échangeur	Efficacité justifiée par un essai
Efficacité de l'échangeur	β_{ech}
Présence d'un by-pass	Echangeur avec by-pass
By-pass : Seuil extérieur hors saison de chauffe	$T_{ext,ch}$
By-pass : Seuil intérieur hors saison de chauffe	$T_{int,bp}$
By-pass : Seuil extérieur en saison de chauffe	$T_{ext,fr}$
By-pass : Seuil intérieur en saison de chauffe	$T_{int,bp}$
Batterie de préchauffage	Préchauffage
Consigne de préchauffage	$T_{c,ch}$
Température maxi sans préchauffage	$T_{ext,ch}$

Refroidissement de l'air	Prérefroidissement
Température de prérefroidissement	$T_{\text{souff,CTA,fr}}$ (calculée au paragraphe 3.1.2)
Température mini de prérefroidissement	$T_{\text{ext,fr}}$
Température batterie de prérefroidissement	$T_{\text{batt,fr}}$
Puissance ventilateurs de soufflage en occupation	$C_{\text{souf,CTA}} + C'_{\text{MT2I}}$ (calculée au paragraphe 3.2.2)
Puissance ventilateurs de soufflage en inoccupation	$P_{\text{souf,inocc}}$
Puissance ventilateurs d'extraction en occupation	$C_{\text{extr,CTA}}$
Puissance ventilateurs d'extraction en inoccupation	$P_{\text{extr,inocc}}$
Résistance thermique extraction	R_{ext}
Résistance thermique soufflage	R_{souf}

Tableau 13: Description de la CTA

Nom du composant	Ventilation système MT2I
Ventilation mécanique associée	CTA système MT2I
Type de composants	Valeurs par défaut
Fabricant ventilation	Autre
Ventilation modulée tertiaire	Sans ou autre
Régulation des débits	Aucune régulation des débits
Ratio de conduit en volume chauffé	100
Système thermodynamique associé	aucun

Tableau 14 : Description de la ventilation

3.3.2 Emission

L'émission du « système MT2I » est définie par trois types d'émissions propres à la méthode Th-BCE. Pour chaque ensemble :

- une émission de chauffage correspond à la batterie de la poutre climatique
- deux émissions de refroidissement correspondant à la batterie de la poutre climatique et à l'appoint d'air neuf fourni par la CTA.

L'émission de chauffage est modélisée avec la méthode Th-BCE en tant que « valeur personnalisée » dans le tableau 16, l'émission de type poutre climatique étant définie dans la méthode Th-BCE avec une source froide uniquement. La part de besoin traitée par l'émission de chauffage par batterie est de 100%.

Appellation	Chauffage batterie
Référence du produit	Saisie directe
Catégorie de l'émetteur	Valeur personnalisée
Fonction de l'émetteur	Chauffage seul
Source d'énergie chaud	Génération émetteurs
Emetteur d'appoint associé en chaud	Pas d'émetteur d'appoint
Pertes au dos émetteur	0
Hauteur sous plafond	Local de moins de 4 mètres

Ratio d'énergie convective de l'émetteur	80
Classe de variation spatiale chaud	Classe B2
Statut de variation temporelle chaud	Valeur par défaut
Couple régulateur/émetteur	Arrêt total de l'émission
Longueur en volume chauffé	$L_{em,ch}$
Longueur hors volume chauffé	$L_{em,hors,ch}$
emplacement	En volume chauffé
Coef. déperd. Linéaire en volume chauffé	$R_{em,ch}$
Coef. déperd. Linéaire hors volume chauffé	$R_{em,hors,ch}$
Température de départ en chauffage	$T_{d,ch,em}$
Chute de température en chauffage	$DT_{ch,em}$
Débit volumique nominal en chauffage	$V_{ch,em}$

Tableau 15 : Description de l'émission de chauffage par batterie

Deux émissions de refroidissement sont définies avec la méthode Th-BCE. La première émission est définie en tant que « soufflage d'air froid » (système ventilo-convecteur) dans le tableau 17 et la deuxième en tant que « poutre climatique » dans le tableau 18. La part des besoins traités les 2 émissions respectives est β_{an} et β_{batt}

Appellation	Refroidissement appoint air neuf
Référence du produit	Saisie directe
Catégorie de l'émetteur	Soufflage d'air
Type d'émetteur soufflage	Ventilo-convecteur
Fonction de l'émetteur	Climatisation seule
Emetteur d'appoint associé en froid	Pas d'émetteur d'appoint
Source d'énergie froid	Génération CTA
Hauteur sous plafond	Local de moins de 4 mètres
Classe de variation spatiale froid	Classe A
Statut de variation temporelle froid	Valeur par défaut
Couple régulateur/émetteur	Arrêt total de l'émission
Ventilateurs locaux	Pas de ventilateurs locaux
Type distribution de groupe froid	Réseau de distribution physique
Longueur en volume chauffé	$L_{em,ch}$
Longueur hors volume chauffé	$L_{em,hors,ch}$
emplacement	En volume chauffé
Coef. déperd. Linéaire en volume chauffé	$R_{em,ch}$
Coef. déperd. Linéaire hors volume chauffé	$R_{em,hors,ch}$
Température de départ en refroidissement	$T_{d,fr,eml}$
Chute de température en refroidissement	$DT_{fr,eml}$
Débit volumique nominal en refroidissement	$V_{fr,eml}$
Ratio besoin	β_{an} (calculée au paragraphe 3.2.4)

Tableau 16 : Description de l'émission de refroidissement par soufflage d'air

Appellation	Refroidissement batterie
Référence du produit	Saisie directe
Catégorie de l'émetteur	Poutre froide
Emetteur d'appoint associé en froid	Pas d'émetteur d'appoint
Source d'énergie froid	Génération émetteurs
Hauteur sous plafond	Local de moins de 4 mètres
Classe de variation spatiale froid	Classe B2
Statut de variation temporelle froid	Valeur par défaut
Couple régulateur/émetteur	Arrêt total de l'émission
Type distribution de groupe froid	Réseau de distribution physique
Longueur en volume chauffé	$L_{em,ch}$
Longueur hors volume chauffé	$L_{em,hors,ch}$
emplacement	En volume chauffé
Coef. déperd. Linéaire en volume chauffé	$R_{em,ch}$
Coef. déperd. Linéaire hors volume chauffé	$R_{em,hors,ch}$
Température de départ en refroidissement	$T_{suff,CTA,fr}$ (calculée au paragraphe 3.1.2)
Chute de température en refroidissement	$DT_{fr,em2}$
Débit volumique nominal en refroidissement	$V_{fr,em2}$
Ratio besoin	β_{batt} (calculée au paragraphe 3.2.4)

Tableau 17 : Description de l'émission de refroidissement par batterie

3.4 Post-traitement

Le calcul de la consommation énergétique des auxiliaires de ventilation du projet utilisant le système MT2I $Cep_{vent,projet}$ est donné par l'équation suivante :

$$Cep_{vent,projet} = Cep_{aux} * \alpha_{vent,projet} \quad (36)$$

Avec :

- Cep_{aux} = Consommation en énergie primaire des auxiliaires de ventilation calculée selon la méthode Th-BCE, intégrant le système
- $\alpha_{vent,projet}$ = facteur de réduction dû à la période d'occupation calculée au 3.2.2