



Ce document décrit comment établir le bilan des surfaces extérieure et intérieure à partir des sorties fournies et comment établir le bilan de l'air de la zone. Ces bilans sont réalisés à partir de sorties détaillées fournies par le modèle de bâtiment, connu sous le nom de « Type 56 ».

Les informations ci-dessous vous permettront d'établir le bilan des surfaces intérieure et extérieure du mur Est (surface n°3) du modèle sans avoir à modifier le projet, et de calculer le bilan de l'air de la zone. Notez que le Type 56 peut fournir de nombreuses sorties décrites dans le manuel (Volume 5). Vous pouvez ajouter des sorties et procéder de différentes manières pour établir le bilan des surfaces et le bilan de la zone.

Le manuel est installé avec TRNSYS : `C:\TRNSYS18\Documentation\05-MultizoneBuilding.pdf`

1. Propriétés des surfaces

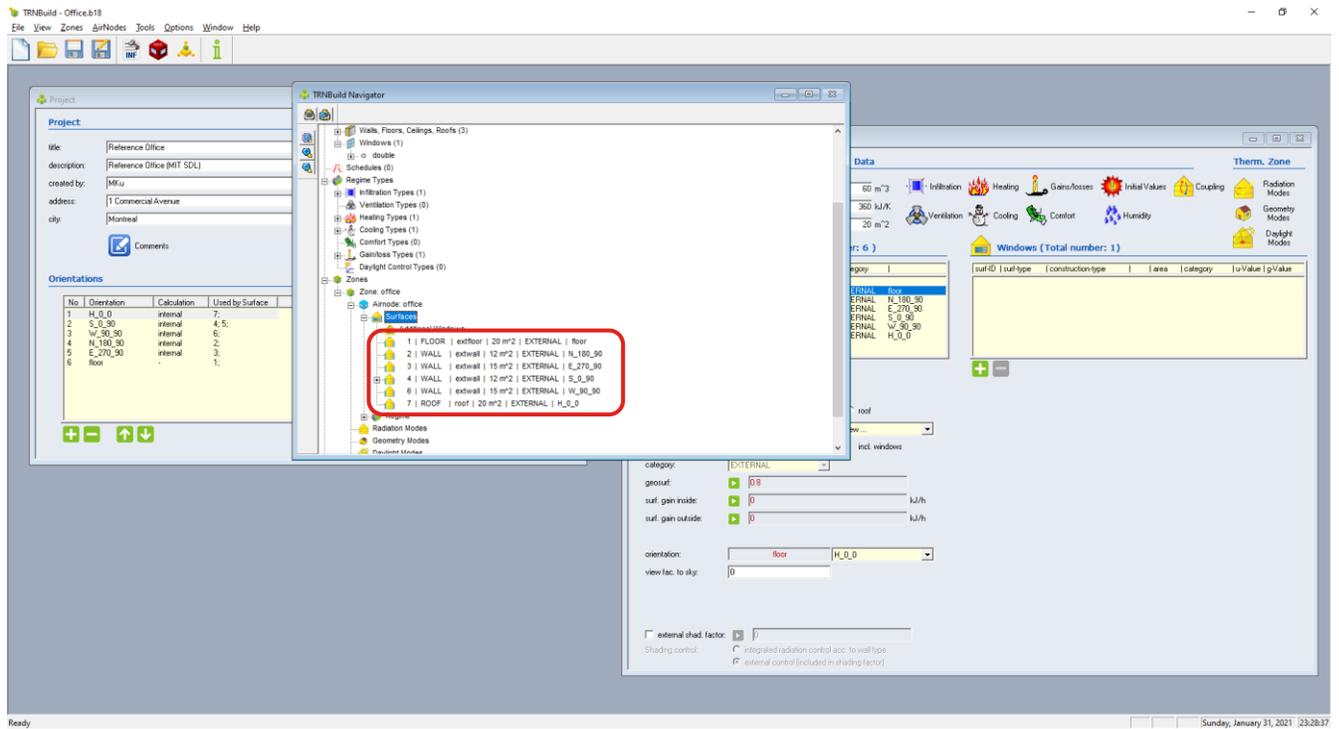
Certaines propriétés des surfaces sont utiles pour calculer les bilans. Les sections suivantes indiquent où trouver ces propriétés dans l'interface du Type 56 (TRNBuild), qui peut être lancée en cliquant à droite sur l'icône du bâtiment et en choisissant « Edit Building ».

1.1. Aire des surfaces

Vous pouvez calculer les aires à partir des dimensions du modèle, et elles sont également données dans le fichier EES de départ pour appliquer la méthode des radiosités. Mais pour information, on peut vérifier les aires ici :

`TRNBuild Navigator > Zones > Zone:office > Airnode:office > Surfaces > Surface 3`

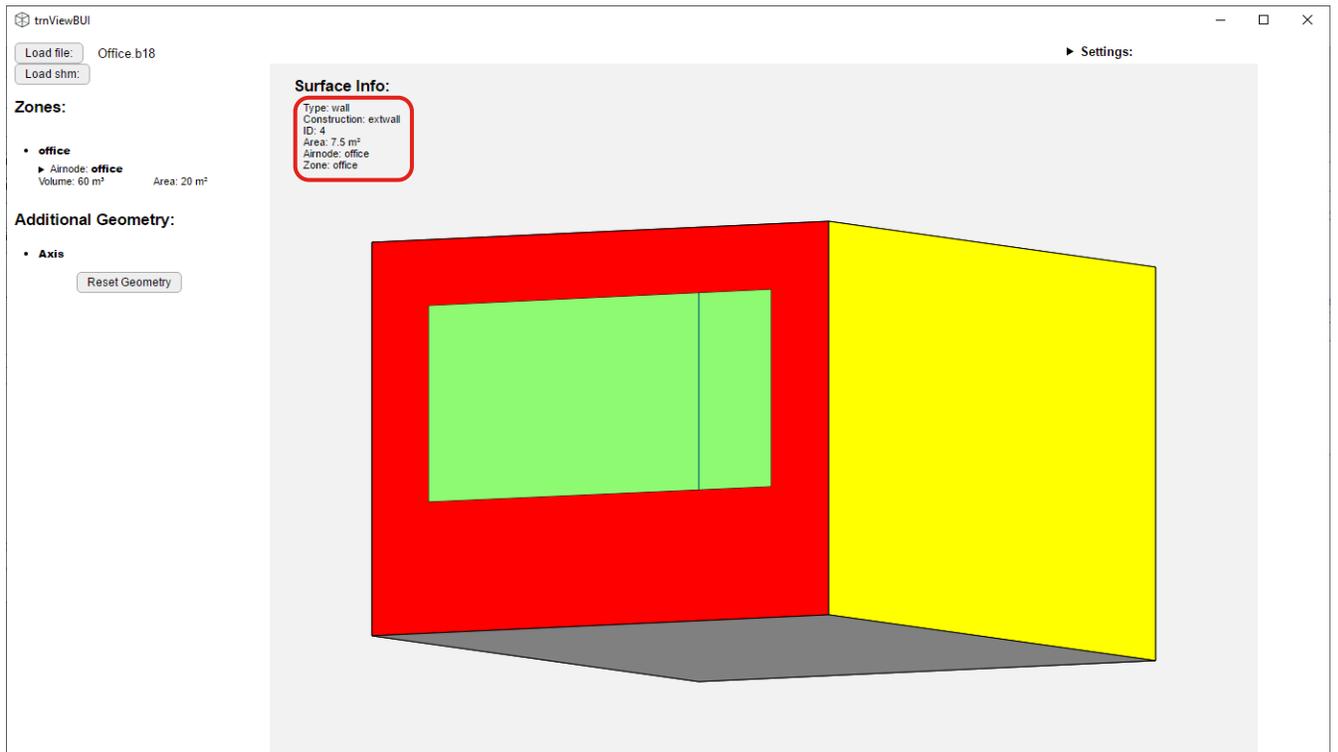
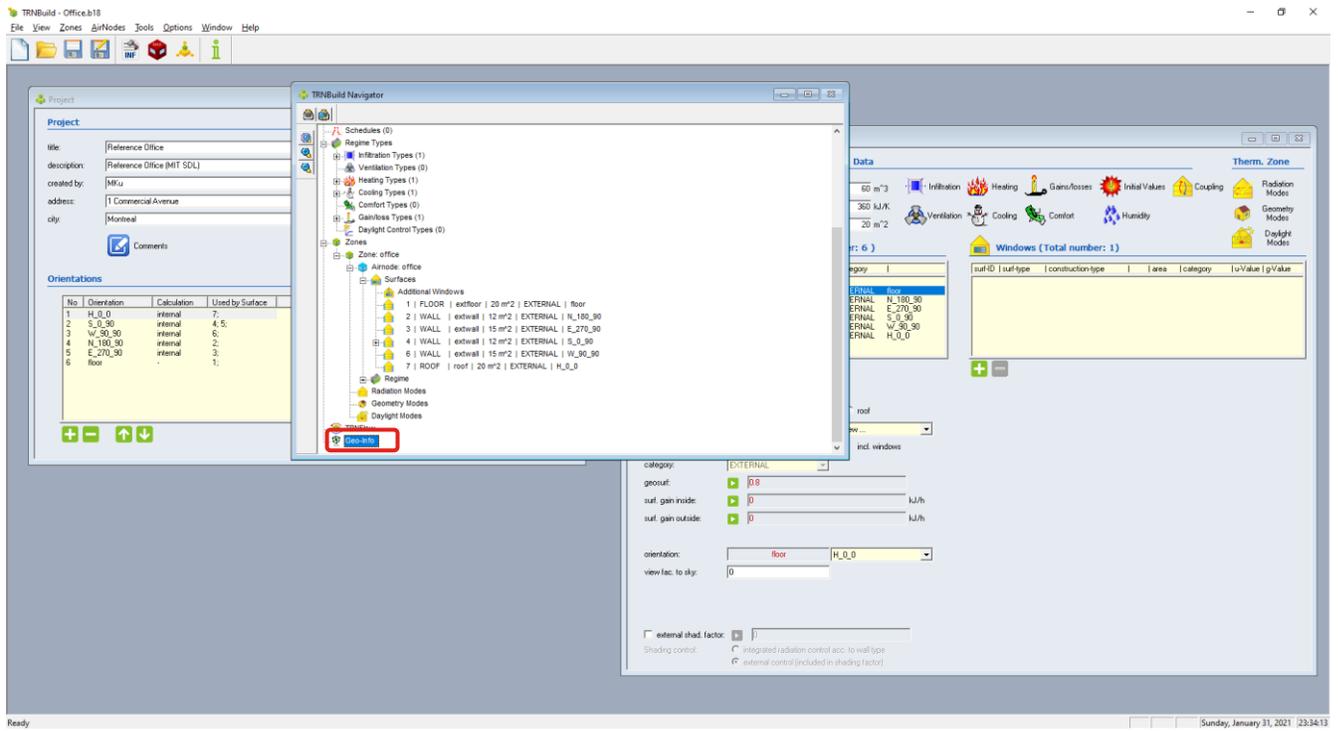
On voit à la figure ci-dessous que les aires sont données dans le récapitulatif, on peut aussi cliquer sur chaque surface.



Alternativement, on peut également trouver cette information (et avoir une confirmation de la position de la surface dans le modèle) en utilisant l'application « TRNViewBui » qu'on peut lancer en double-cliquant sur « Geo-info » dans le « TRNBuild Navigator » :

TRNBuild Navigator > Geo-Info

Le figures ci-dessous montrent comment y arriver et un exemple de la vue lorsqu'on sélectionne le mur Sud entourant la fenêtre en cliquant dessus (on voit alors ses informations détaillées) – ce n'est **pas** le mur qu'on vous demande de regarder, il s'agit juste d'un exemple.



1.2. Émissivité (grandes longueurs d'onde) et absorptance (solaire) des surfaces

Ces propriétés utilisées dans les bilans sont spécifiées dans la définition des « constructions » :

TRNBuild Navigator > Construction Types > Walls, Floors, Ceilings, Roofs

Si on regarde par exemple le mur Est (la surface 3), il est de type « EXT_WALL », et sa définition est montrée ci-dessous.

Construction Type Manager

construction type: EXT_WALL

Layer

front / inside

No.	Layer	Thickness	Type
1	StandardConcrete	0.200	massive
2	XpsInsulation	0.060	massive

back

total thickness: 0.260 m

u - value: 0.431 W/m²K for reference only
(incl. h_i=7.7 W/m²K and h_o=25 W/m²K)

Solar Absorptance

front: 0.4

back: 0.5

Longwave Emission Coefficient

front: 0.9

back: 0.9

Note:
The emissivity of inside surfaces are applied by the detailed longwave radiation mode only!
For the standard model fixed values of 0.9 are used.

Convective Heat Transfer Coefficient

front

userdefined internal calculation

11 kJ/h m² K

back

userdefined internal calculation

64 kJ/h m² K

Par convention, la face « front » est toujours la face intérieure pour les parois en contact avec l'extérieur (pour les parois entre 2 zones, on doit choisir à quel côté « front » correspond).

L'absorptance solaire intérieure correspond donc au côté « front » et elle vaut $\alpha_{sol,int} = 0.4$. L'absorptance solaire extérieure vaut elle $\alpha_{sol,ext} = 0.5$.

L'émissivité dans les grandes longueurs d'onde est la même des 2 côtés : $\varepsilon_{int} = \varepsilon_{ext} = 0.9$.

On voit aussi ici que les coefficients de convections sont configurés comme des valeurs constantes de 11 kJ h⁻¹ m⁻² K⁻¹ et 64 kJ h⁻¹ m⁻² K⁻¹ pour l'intérieur et l'extérieur (diviser par 3.6 pour les valeurs en W/m²). En règle générale, ces coefficients peuvent être variables (soit calculés de manière interne par le Type 56, soit

calculés par d'autres composants dans TRNSYS et fournis au Type 56 comme « Input ». Dans ces cas, il est utile de pouvoir avoir une trace du coefficient utilisé, et le Type 56 fournit donc ces valeurs en sortie. Ils sont associés aux « NTYPES » (numéros de type de sortie) 107 et 108 (voir p. 5-34 du manuel), appelés HCONVO et HCONVI dans le Type 56.

1.2.1. Émissivité de la fenêtre

Pour la fenêtre, l'émissivité n'est pas définie de la même manière, elle fait partie des propriétés lues dans un fichier de données provenant du logiciel WINDOW (voir cours sur la fenestration).

On peut la trouver ici :

Navigator > Construction Types > Windows > EXT_WINDOW1 > Cliquer sur "Pool"

Attention, dans le logiciel WINDOW l'émissivité est donnée pour chaque couche vitrée, en partant de l'extérieur, et ce qu'on appelle « f » (pour front) est le côté le plus vers l'extérieur (contrairement à la convention TRNSYS). Donc ici, l'émissivité intérieure de la fenêtre (qui se serait normalement appelé le côté « front » de la fenêtre dans le Type 56) est en fait la valeur « emis b » de la deuxième lame, qui vaut 0.84.

The screenshot shows the TRNSYS software interface. The 'Window Type Manager' window is open, displaying the configuration for 'EXT_WINDOW1'. The 'Window-Pool' dialog box is also open, showing a table of window properties and a 'Window-Type' section with various coefficients.

No.	Used	U-value	Description	Design	U-factor	g-factor	T-factor	R-factor	Visible Light
1	n	6501	ENE6510 Single Glaz	4/12/4	5.49	0.908	0.97	0.09	0.95
2	n	6503	ENE6510 Double Glaz Argon	4/12/4	2.76	0.699	0.705	0.139	0.825
3	n	6504	ENE6510 Double Low-e R2 Air	4/12/4	1.59	0.421	0.462	0.401	0.719
4	n	6505	ENE6510 Double Low-e R2 Air	4/12/4	1.59	0.389	0.462	0.407	0.719
5	n	6506	ENE6510 Double Low-e R2 Argon	4/12/4	1.22	0.423	0.462	0.401	0.719
6	n	6507	ENE6510 Double Low-e R2 Argon	4/12/4	1.22	0.387	0.462	0.407	0.719
7	n	6508	ENE6510 Double Low-e Cool R2 Argon	4/12/4	1.19	0.342	0.259	0.467	0.523
8	n	6509	ENE6510 Double Low-e Cool R2 Argon	4/12/4	1.19	0.221	0.259	0.318	0.523
9	n	6510	ENE6510 Triple Low-e R2S High Glaz	4/12.7/4/12.7/4	0.83	0.421	0.483	0.327	0.744
10	y	6502	ENE6510 Double Glaz Air	4/12/4	2.9	0.699	0.705	0.139	0.82

The 'Window-Type' section shows the following coefficients:

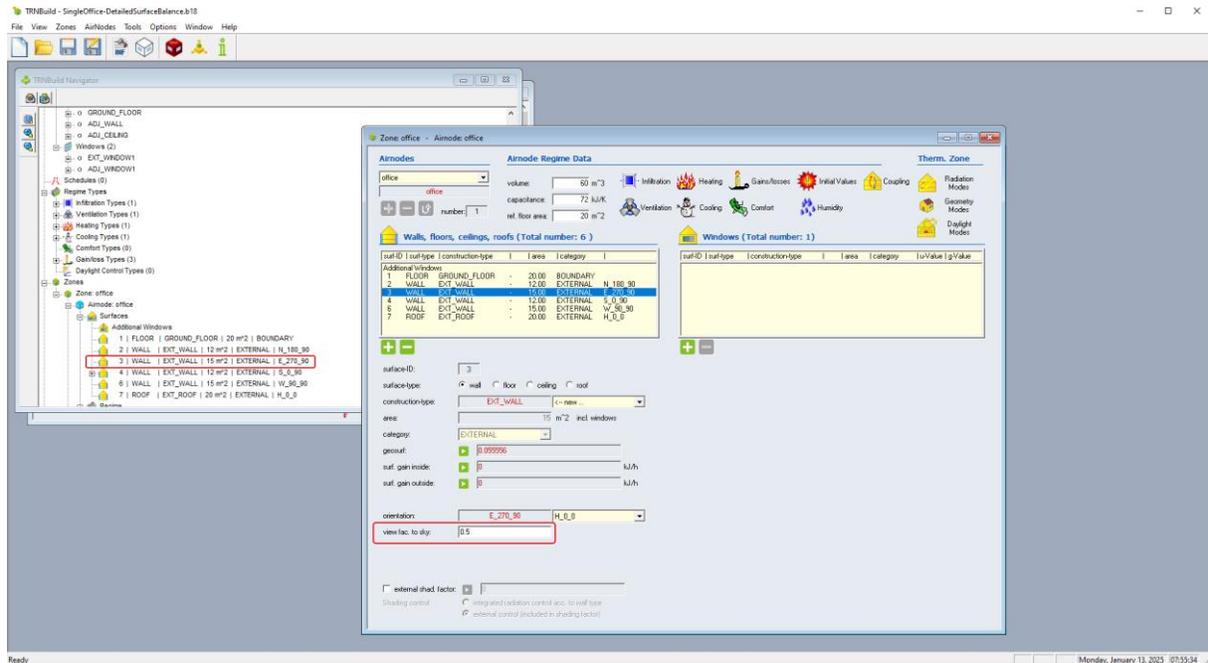
```

SBOC 0.908  N/A  N/A  N/A  N/A  N/A  N/A  N/A  N/A  N/A  N/A
Tvis daylight 0.905
Layer IIR 0.005
g 0.908
emis f 0.040
emis b 0.040
electromagnetic 0
Cond (W/m2-K) 250.0
Spectral Film PLAINCLAR 4
Overall and Center of Glass Ig D-values (W/m2-K)
Outdoor Temperature Solar h0tpd hroust hroust hin -17.0 C 15.6 C 26.7 C 37.0 C
    
```

1.3. Facteur de forme vers le ciel et le sol

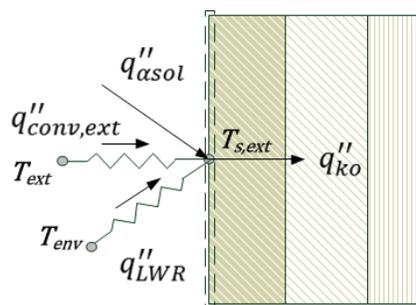
Le facteur de forme est calculé par le modèle géométrique, et on peut le vérifier ici (par exemple pour la surface 4) :

TRNBuild Navigator > Zones > Zone:office > Airnode:office > Surfaces > Surface 3



On voit que le facteur de forme avec le ciel (*view factor to sky*) vaut 0.5, ce qui correspond à un mur vertical (dont le rayonnement est intercepté pour moitié par le ciel et pour moitié par le sol environnant). Le facteur de forme vers le sol vaut toujours 1 moins le facteur de forme vers le ciel.

2. Variables utilisées pour le bilan de la surface extérieure



Les équations définissant le bilan de la face extérieure sont :

$$q''_{conv,ext} = h_{c,ext} (T_{ext} - T_{s,ext})$$

$$q''_{asol} = \alpha G_T$$

$$q''_{LWR} = \varepsilon \sigma [F_{sol}(T_{sol}^4 - T_{s,ext}^4) + F_{ciel}(T_{ciel}^4 - T_{s,ext}^4)]$$

Le tableau ci-dessous donne pour chaque variable intervenant dans les équations la correspondance avec le nom dans le projet TRNSYS et comment cette variable est obtenue.

Variable	Nom dans le projet	Unités	Source
$h_{c,ext}$	hco03	$W m^{-2} K^{-1}$	Sortie HCONVO du Type 56 pour la surface 3 (convertie de $kJ h^{-1} m^{-2} K^{-1}$ en $W m^{-2}$)
T_{ext}	TdbAmb	$^{\circ}C$	Sortie <i>dry bulb temperature</i> du Type 15 (lecteur météo), qui est utilisée comme entrée (TAMB) par le Type 56
$T_{s,ext}$	Tso03	$^{\circ}C$	Sortie TSO_S3 du Type 56
α	-	-	Non-disponible, à trouver dans la définition du bâtiment
G_t	GSouthShd	$W m^{-2}$	Combinaison des sorties IBSHAD_S3 et IDSHAD_S3 du Type 56, sommées et divisées par l'aire de la surface 3. « Shd » rappelle que cette valeur tient compte de l'ombrage (<i>Shaded</i>).
ε	-	-	Non-disponible, à trouver dans la définition du bâtiment
F_{sol}	-	-	Non-disponible, à trouver dans la définition du bâtiment
F_{sky}	-	-	Non-disponible, à trouver dans la définition du bâtiment
T_{sol}	TsGrd	$^{\circ}C$	En l'absence d'information, on suppose que la température de surface du sol est égale à la température ambiante (voir T_{ext})
T_{ciel}	TSky	$^{\circ}C$	Sortie (<i>effective sky temperature</i>) du Type 15, qui est utilisée comme entrée (TSKY) par le Type 56

q''_{ko} est calculé en fermant le bilan.

2.1. Détails sur quelques sorties utilisées

Température ambiante, $T_{db,amb}$

On parle ici de la température sèche de l'air ambiant (*dry bulb temperature*), par opposition à la température de bulbe humide ou à la température de rosée qui prennent en compte l'humidité de l'air. Cette température est fournie par le lecteur de données météo (Type 15), c'est la première sortie de ce composant.

Température effective du ciel pour le rayonnement de grandes longueurs d'ondes, T_{sky}

Cette température est fournie par le lecteur de données météo (Type 15), c'est la 4^{ème} sortie de ce composant (*Effective Sky Temperature*).

Température de surface du sol, $T_{s,grd}$

Cette température est utilisée pour calculer l'échange radiatif entre les surfaces extérieures et l'environnement. Le Type 56 néglige les obstacles autour du bâtiment et suppose que l'échange se produit entre la surface et le ciel (à la température T_{sky}) d'une part, et entre la surface et le sol (à la température $T_{s,grd}$) d'autre part. En l'absence d'informations, il est fréquent de supposer que $T_{s,grd}$ est égale à la température ambiante, et de connecter l'entrée correspondante du Type 56 (Entrée 4) à la sortie pour $T_{db,amb}$ du Type 15. C'est ce qui est fait dans le cas présent, et donc $T_{s,grd} = T_{db,amb}$.

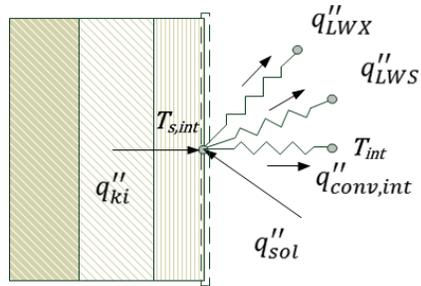
Températures de surface des parois

Les températures des faces intérieure et extérieure de chaque surface définie dans le Type 56 sont disponibles comme sortie. Elles correspondent aux « Types de sortie » (NTYPE) 17 et 18, appelés TSI et TSO dans le Type 56 (voir page 5-27 du manuel).

Rayonnement solaire incident sur la surface extérieure

Le rayonnement solaire incident est disponible en sortie du Type 56. Cette valeur n'est pas nécessairement la même que celle qu'on obtiendrait du lecteur de données météo (Type 15) parce que l'ensoleillement incident peut être affecté par l'ombrage calculé par le modèle géométrique du Type 56. Il est séparé en 2 composantes, le direct et le « reste » (diffus du ciel et réfléchi par le sol). Ces composantes sont respectivement appelées IBSHAD (direct) et IDSHAD (diffus du ciel et réfléchi), correspondants aux « NTypes » 103 et 104 dans le Type 56 (voir page 5-34 du manuel). Notez que le rayonnement est fourni sous forme de la puissance incidente (en W) sur la surface et non comme un rayonnement en W/m^2 .

3. Variables utilisées pour le bilan de la surface intérieure



Les équations définissant le bilan de la face intérieure sont :

$$q''_{LWX} = A \varepsilon (\sigma T_{si}^4 - J)/(1 - \varepsilon) \text{ [Méthode des radiosités, voir notes de cours]}$$

$q''_{LWS} = q''_{LW,gains} + q''_{LW,heating}$: Rayonnement de grandes longueurs d’ondes provenant des gains internes (équipement, occupants) et du système de chauffage

q''_{sol} : Rayonnement solaire absorbé par la face intérieure (après transmission par les fenêtres et possiblement réflexion par les autres surfaces)

$$q''_{conv,int} = h_{c,int}(T_{s,int} - T_{int})$$

Pour q''_{LWX} , vous devez calculer le bilan radiatif de grandes longueurs d’onde entre les surfaces intérieures. Pour cela, vous disposez de toutes les températures de surface intérieures :

Variable	Nom dans le projet	Unités	Source
$T_{s,int,1}$	Tsi01	°C	Sortie TSI_S1 du Type 56
$T_{s,int,2}$	Tsi02	°C	Sortie TSI_S2 du Type 56
$T_{s,int,3}$	Tsi03	°C	Sortie TSI_S3 du Type 56
$T_{s,int,4}$	Tsi04	°C	Sortie TSI_S4 du Type 56
$T_{s,int,5}$	Tsi05	°C	Sortie TSI_S5 du Type 56
$T_{s,int,6}$	Tsi06	°C	Sortie TSI_S6 du Type 56
$T_{s,int,7}$	Tsi07	°C	Sortie TSI_S7 du Type 56

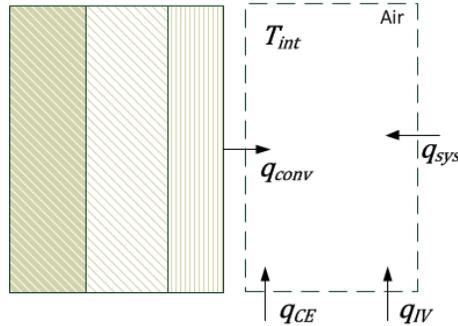
Les facteurs de forme sont calculés par le Type 56 et sont donnés dans un fichier EES pour vous aider à démarrer votre calcul suivant la méthode des radiosités.

Pour les autres termes du bilan, le tableau ci-dessous donne pour chaque variable intervenant dans les équations la correspondance avec le nom dans le projet TRNSYS et comment cette variable est obtenue.

Variable	Nom dans le projet	Unités	Source
$q''_{LW,gains}$	$- qLwGains03$	$W m^{-2}$	Le Type 56 permet d'une part de définir une partie radiative aux gains internes. Cette partie est répartie entre les surfaces au prorata de leur superficie, sauf si une position exacte est définie (dans ce cas les facteurs de forme plus précis sont calculés). Les gains de ce type absorbés par la surface 3 sont représentés par la sortie QRGAB_S3. D'autre part, le Type 56 permet de définir des gains directement appliqués à la surface intérieure d'une paroi, dénotés par le terme « WALL GAINS ». Ceux-ci sont associés à la sortie QWG_S3 (pour la surface 3). La variable $qLwGains03$ est simplement calculée comme la somme de ces 2 termes. Attention, $qLwGains03$ est positif dans le sens entrant dans la surface.
$q''_{LW,heating}$	$- qLwHeating03$	$W m^{-2}$	Sortie QRHEA_S3 du Type 56. Cette sortie représente la partie radiative du chauffage qui est absorbée par la surface 3. Attention, $qLwHeating03$ est positif dans le sens entrant dans la surface.
q''_{sol}	$qSolInt03$	$W m^{-2}$	Sortie QSIAB_S3 du Type 56. Cette sortie représente le rayonnement absorbé par la surface 3. Il ne faut pas le multiplier par l'absorptance, elle est déjà incluse dans le calcul pour obtenir cette variable.
$h_{c,int}$	$hci03$	$W m^{-2} K^{-1}$	Sortie HCONVI du Type 56 pour la surface 3 (convertie de $kJ h^{-1} m^{-2} K^{-1}$ en $W m^{-2} K^{-1}$)
$T_{s,int}$	$Tsi03$	$^{\circ}C$	Sortie TSI_S3 du Type 56
T_{int}	$TdbOffice$	$^{\circ}C$	Sortie TAIR_office du Type 56

q''_{ki} est calculé en fermant le bilan.

4. Variables utilisées dans le calcul du bilan de l'air de la zone



L'équation du bilan thermique de l'air de la zone est :

$$C \frac{dT_{int}}{dt} = q_{conv} + q_{CE} + q_{IV} + q_{sys}$$

Le tableau suivant donne les variables de l'équation et comment les obtenir à partir du projet TRNSYS

Variable	Nom dans le projet	Unités	Source
q_{conv}	qconvSurf	W	Sorties QSICONV_Si (i = numéro de la surface) du Type 56 sommées pour toutes les surfaces (et convention de signe changée)
q_{CE}	qGainsConv	W	Sortie QGCONV du Type 56 (partie convective des gains de la zone)
q_{iv}	qInf + qVent	W	Somme des sorties QINF et QVENT du Type 56 (QVENT est nul ici, pas de ventilation mécanique définie)
q_{sys}	$f_{conv,heat} QHeat - QCool$	W	Le refroidissement (QCool) est purement convectif, mais le chauffage a une partie radiative. La valeur de $f_{conv,heat}$ (fraction convective du chauffage) n'est pas disponible en sortie, elle doit être trouvée dans la définition du bâtiment (en fait on donne la fraction radiative $f_{rad,heat}$ dans le Type 56, il faut simplement calculer $f_{conv,heat} = 1 - f_{rad,heat}$)
$C \frac{dT_{int}}{dt}$	-	W	Cette valeur n'est pas fournie dans le projet, elle doit être obtenue par l'équation du bilan. Notez qu'en raison des hypothèses de TRNSYS, qui rapporte les valeurs moyennes sur le pas de temps, $C \frac{dT_{int}}{dt}$ ne peut pas être estimé comme $C (T_{zone,t} - T_{zone,t-1})$. Il faudrait avoir accès aux valeurs instantanées des températures pour faire ce calcul.