



**TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR**

Réf. : **TBA2725**

Les bilans thermiques d'été et d'hiver

Date de publication :
01 mars 2008

Cet article est issu de : **Construction et travaux publics | Techniques du bâtiment : le
second oeuvre et les lots techniques**

Pour toute question :
Service Relation clientèle
Techniques de l'Ingénieur
Immeuble Pleyad 1
39, boulevard Ornano
93288 Saint-Denis Cedex

Par mail :
infos.clients@teching.com
Par téléphone :
00 33 (0)1 53 35 20 20

Document téléchargé le : **08/06/2018**
Pour le compte : **7200076539 - insa de lyon // 134.214.188.191**

© Techniques de l'Ingénieur | tous droits réservés

Les bilans thermiques d'été et d'hiver

1. Charges extérieures.....	TBA2725 - 2
I – Les apports solaires par les surfaces vitrées	– 2
II – Les apports solaires par les parois opaques.....	– 7
III – Les apports par transmissions des vitrages	– 12
IV – Les apports dus aux infiltrations d'air extérieur	– 12
V – Les apports dus à l'air neuf de renouvellement d'air	– 13
2. Charges internes	– 15
I – La température de « non-chauffage »	– 15
II – Les apports par les occupants.....	– 15
III – Les apports par l'éclairage des locaux	– 16
IV – Les apports par les équipements de bureautique.....	– 16
V – Les apports divers	– 17
VI – Fiches d'hypothèses sur les divers types de locaux	– 17
3. Bilans au niveau d'un local ou d'un groupe de locaux.....	– 23
I – Démarche.....	– 23
4. Calcul du débit d'air dans un local donné.....	– 29
I – Démarche.....	– 29
5. Bilans thermiques d'hiver	– 30

Le calcul des bilans thermiques d'une construction permet d'évaluer les besoins en chauffage et en climatisation.

Les charges thermiques d'été regroupent les apports solaires et les apports internes. Les apports solaires dépendent des vitrages de la construction, leurs surfaces, natures et hauteurs, et l'exposition à laquelle ils sont soumis. Ainsi, sur la base de l'orientation, de la hauteur et de l'azimut solaires, il est possible de calculer assez précisément l'apport par ensoleillement. La mise en place de protections sur les façades peut s'avérer intéressante. Correctement étudiées, elles permettent de réduire considérablement la contribution solaire. Il faut relever d'autres apports venant s'ajouter aux précédents ; les élévations de température des surfaces opaques et les infiltrations d'air par défaut d'étanchéité des menuiseries et des ouvrants. Les apports internes sont plus simples d'approche et correspondent à la chaleur libérée par l'éclairage, les machines et les ordinateurs présents dans les locaux, mais aussi le nombre d'occupants.

Pour simplifier l'approche, les charges thermiques d'hiver sont à l'inverse calculées sans tenir compte des apports extérieurs et intérieurs, et uniquement sur la base d'un écart constant entre la température extérieure et la température intérieure.

1 Charges extérieures

I - LES APPORTS SOLAIRES PAR LES SURFACES VITRÉES

Processus du rayonnement solaire – Lorsqu'un rayonnement solaire frappe un vitrage, une partie est réfléchiée, une autre est absorbée par le verre et une troisième est réfléchiée (cf. Fig. 1).

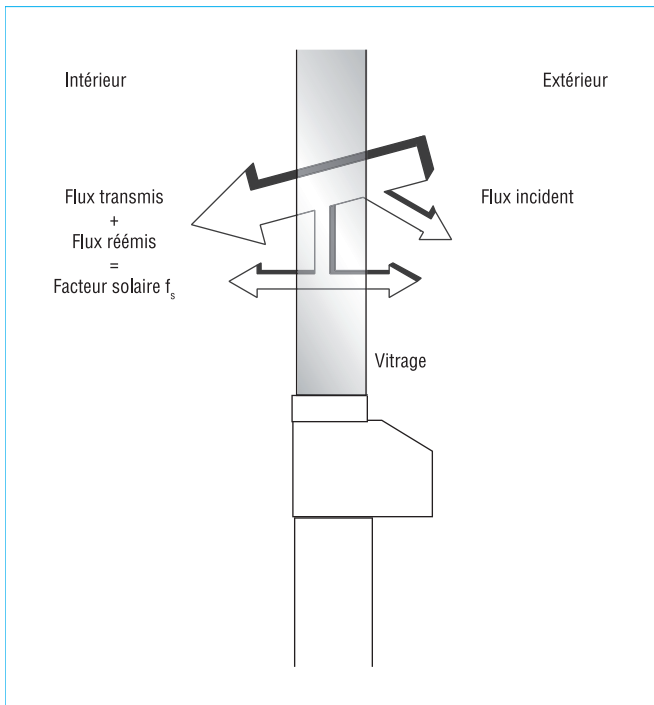


Fig. 1 : Répartition de l'ensoleillement sur un vitrage (© ETI).

Le facteur solaire (FS) – C'est le rapport entre l'énergie totale entrant dans le local à travers ce vitrage et l'énergie solaire incidente.

L'émissivité – C'est une propriété de surface ; quand deux surfaces sont en regard l'une de l'autre à des températures différentes, elles échangent de la chaleur par rayonnement en fonction de l'émissivité. L'émissivité normale du verre classique est égale à 0,89 ; celle des vitrages à « couche peu émissive » est inférieure à 0,20. « Peu émissif » est la propriété de surface permettant de réduire les échanges radiatifs, et d'améliorer ainsi le coefficient U.

La transmission lumineuse (T) – C'est le pourcentage de la lumière visible, issue du rayonnement solaire, transmise par la paroi vitrée.

Le rayonnement solaire perçu par un vitrage comporte :

- le rayonnement direct ;
- le rayonnement diffus.



La répartition de l'ensoleillement est visualisée sur la figure 1.

Les tableaux 1 à 4 fixent les apports d'ensoleillement sur une vitre claire, simple vitrage. Ils sont obtenus à partir de valeurs extraites du manuel Carrier 1^{re} partie¹⁾. Ils prennent en compte les corrections suivantes qui permettent une approche simplifiée des charges d'ensoleillement (cas de la région parisienne) :

- coefficient d'encadrement métallique (1,17) ;
- défaut de limpidité pris pour 0,90 ;
- altitude inférieure à 300 m ;
- incidence point de rosée (tpr) de 15 °C pour 30 °C et HR = 40 % ;
- latitude nord.



Remarque

La France se situe sous une latitude nord comprise sensiblement entre 40 et 50°.

Les valeurs des tableaux sont les gains nets dans le local. Elles doivent être divisées par 0,88 pour obtenir l'intensité du flux solaire frappant le vitrage.

1) Reproduction avec l'aimable autorisation de la société Carrier.

Tab. 1 – Apports par ensoleillement sur des vitrages simples en W/m² (latitude 50° nord, 23 juillet)

Orientations	Heures solaires												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	74	37	41	45	49	49		49	49	45	41	37	74
NE	399	411	303	154	52	49	49	49	49	45	41	35	21
E	458	563	571	493	336	150	49	49	49	45	41	35	21
SE	227	375	469	500	475	381	244	90	49	45	41	35	24
S	21	35	74	174	280	342	370	342	280	174	74	35	21

Toute reproduction sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie est strictement interdite. – © Editions T.I.

(Suite)

Orientations	Heures solaires												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SO	21	35	41	45	49	90	244	381	475	500	469	374	227
O	21	35	41	45	49	49	49	150	336	493	571	537	459
NO	21	35	41	45	49	49	49	49	52	154	304	409	399
Horizontale	115	262	416	557	657	718	739	718	657	557	416	262	115
Heures légales (été)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Tab. 2 – Apports par ensoleillement sur des vitrages simples en W/m² (latitude 50° nord, 24 août)

Orientations	Heures solaires												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	27	27	35	41	45	49	49	49	45	41	35	27	27
NE	266	328	244	108	45	49	49	49	45	41	35	27	13
E	328	508	553	493	342	158	49	49	45	41	35	27	13
SE	185	389	504	549	535	462	311	139	45	41	35	27	13
S	13	31	125	256	367	455	483	455	367	265	125	31	13
SO	13	27	35	41	45	139	311	462	535	549	504	389	185
O	13	27	35	41	45	49	49	158	342	493	553	509	328
NO	13	27	35	41	45	49	49	49	45	108	244	328	266
Horizontale	45	160	311	458	559	626	647	626	559	459	311	160	45
Heures légales (été)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Tab. 3 – Apports par ensoleillement sur des vitrages simples en W/m² (latitude 40° nord, 23 juillet)

Orientations	Heures solaires												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	84	49	41	45	49	49	49	49	49	45	41	49	84
NE	370	444	367	231	90	49	49	49	49	45	41	35	17
E	413	563	574	504	342	150	49	49	49	45	41	35	17
SE	188	336	416	438	385	287	146	51	49	45	41	35	17
S	17	35	45	90	154	192	241	220	154	90	45	35	17
SO	17	35	41	45	49	52	146	287	385	438	416	336	188
O	17	35	41	45	49	49	49	157	353	508	567	514	293
NO	17	35	41	45	49	49	49	49	90	231	367	444	370
Horizontale	84	256	440	598	710	788	815	788	710	598	440	256	84
Heures légales (été)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Tab. 4 – Apports par ensoleillement sur des vitrages simples en W/m² (latitude 40° nord, 24 août)

Orientations	Heures solaires												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	24	27	37	45	49	49	49	49	49	45	37	27	24
NE	238	356	287	160	55	49	49	49	49	45	37	27	10
E	293	514	567	508	353	158	49	49	49	45	37	27	10
SE	168	367	483	512	487	375	231	85	49	45	37	27	10
S	10	27	84	178	311	340	356	340	311	178	84	27	10
SO	10	27	37	45	49	86	231	375	487	511	483	367	168
O	10	27	37	45	49	49	49	157	353	508	567	514	293
NO	10	27	37	45	49	49	49	49	55	160	287	356	238
Horizontale	31	164	350	524	647	718	749	718	647	524	350	164	31
Heures légales (été)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Exemple

Quel est l'apport par ensoleillement d'un vitrage simple, exposé au sud-ouest, au mois d'août sous une latitude de 50° à 13 heures solaires ?



Le tableau 2 donne 462 W par mètre carré de vitrage.

Fonction des vitrages – Les vitrages ont une triple fonction :

- réduire les apports solaires (notion de facteur solaire Fs) ;
- diminuer au maximum les échanges thermiques entre l'intérieur des locaux et l'extérieur (notion de coefficient de transmission par conduction : coefficient U) ;

• assurer une bonne transmission lumineuse vers le local (notion de transmission lumineuse : coefficient T).

Il est parfois difficile d'allier simultanément ces trois points pour une optimisation maximale de la protection solaire. Par exemple un facteur solaire du vitrage très bas est souvent incompatible avec une bonne transmission lumineuse ; il ne faut pas compenser une mauvaise transmission de la lumière naturelle par un éclairage artificiel. Par ailleurs, un facteur solaire très bas, s'il est bénéfique en été, réduit en hiver l'effet d'un chauffage gratuit pour les locaux exposés.



Le tableau 5 ci-après donne les caractéristiques de quelques vitrages (simple et double) de Saint-Gobain Glass.

Tab. 5 – Quelques caractéristiques des vitrages Saint-Gobain Glass

Appellation vitrage ¹⁾	Aspect ¹⁾	Épaisseur (mm)	Fs ¹⁾ (%)	C ²⁾ (%)	U ¹⁾ (W/m ² K)	Transmission lumineuse (%)
Glace claire SV	Planilux	2 à 4	0,88 à 0,85	1	5,9 à 5,8	90
Antélio SV	Argent	6	0,67	0,76	5,7	67
	Havane	6	0,41 à 0,45	0,47 à 0,51	5,7	24
Cool-lite SV	Argent	6	0,18 à 0,28	0,20 à 0,32	4,4 à 4,8	20 à 8
	Bleu pastel	6	0,27 à 0,57	0,30 à 0,65	4,9 à 5,7	50 à 14
Parsol SV	Bronze	6	0,61	0,69	5,7	49
	Vert	6	0,57	0,65	5,7	73
Planilux + Antélio DV	Argent	6 + 12 + 6	0,59	0,67	2,8	61
	Havane	6 + 12 + 6	0,32 à 0,34	0,36 à 0,39	2,8	22
Planilux + Cool Lite DV	Argent	6 + 12 + 6	0,12 à 0,2	0,14 à 0,23	2,3 à 2,6	18 à 7
	Bleu pastel	6 + 12 + 6	0,19 à 0,47	0,21 à 0,53	2,5 à 2,8	45 à 13

Toute reproduction sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie est strictement interdite. – © Editions.T.I.

(Suite)

Appellation vitrage ¹⁾	Aspect ¹⁾	Épaisseur (mm)	Fs ¹⁾ (%)	C ²⁾ (%)	U ¹⁾ (W/m ² K)	Transmission lumineuse (%)
Eko Plus + Antelio DV	Havane	6 + 12 + 6	0,27 à 0,29	0,30 à 0,33	1,9 (air) 1,5 (argon)	19
Eko Plus + Cool Lite DV	Argent	6 + 12 + 6	0,1	0,12	1,9 (air) 1,4 (argon)	6
Planitherm Futur + Cool Lite DV	Bronze	6 + 12 + 6	0,11 à 0,18	0,12 à 0,2	1,6 (air) 1,1 (argon)	15 à 7
Starélio + Planitherm Futur DV	Neutre	6 + 12 + 6	0,33	0,38	1,6 (air) 1,2 (argon)	45
Cool Lite SKN 165 + Planilux	Neutre	6 + 15 + 6	0,32	0,36	1,6 (air) 1,1 (argon)	60

SV : Simple vitrage.
DV : Double vitrage.

1) Éléments extraits du Mémento 2000 Saint-Gobain.
2) Coefficient de correction C à appliquer sur les apports vitrage simple des tableaux 1 à 4.

Exemple

Quel est l'apport par ensoleillement d'un vitrage Saint-Gobain « Planilux + Antélio » DV, de couleur argent, exposé au SE, au mois de juillet sous une latitude de 40° à 10 heures solaires ?
À 10 h, en juillet, le vitrage simple donne un apport de 385 W/m² (cf. Tab. 3).



Le facteur solaire corrigé (C) dans le tableau 5 pour un vitrage Saint-Gobain tel que précisé ci-avant indique 0,67.
L'apport résultant est de $385 \times 0,67 = 258 \text{ W/m}^2$ environ.

La protection solaire par des éléments mobiles : les stores – Les vitrages sont fréquemment complétés par une protection solaire complémentaire telle que des stores (cf. Tab. 6), soit à fonctionnement manuel par l'utilisateur, soit à fonctionnement automatisé.



La position du store sur la paroi vitrée est importante :
• un store intérieur absorbe la chaleur et la diffuse dans le local climatisé, une partie est réfléchiée et emmagasinée par la vitre ;
• un store extérieur est plus efficace que le précédent sachant que la chaleur est réfléchiée avant pénétration dans le local et que la chaleur absorbée est dissipée dans l'air extérieur.

Exemple

Quel est l'apport par ensoleillement d'un vitrage simple équipé d'un store intérieur vénitien à lames, exposition au S, en juillet, sous une latitude nord de 50°, à 14 heures solaires ?



Le tableau 1 donne en juillet 50° N, au sud à 14 h un apport de 280 W/m².



Concernant le facteur solaire du store, le tableau 6 indique : 0,56.

L'apport sera $280 \times 0,56 = 157 \text{ W/m}^2$ environ.

Tab. 6 – Protections solaires par stores (quelques exemples)

Protections solaires ¹⁾	Intérieur	Extérieur
	(Fs)	(Fs)
Stores genre Sunscreen		
Gris	0,67	0,16
Blanc	0,37	0,25
Bronze	0,73	0,19
Sable	0,53	0,20
Gris-blanc	0,54	0,16
Anthracite	0,73	0,16
Gris-vert	0,63	0,16
Stores vénitiens à lames minces	0,56	0,14

1) Protections par rapport à un vitrage ordinaire simple de 3 mm environ.

La protection solaire par des éléments fixes : saillies, auvents, bâtiments voisins – Selon l'importance et la situation de ces éléments, les surfaces vitrées correspondant à la façade considérée conduisent à avoir des surfaces de vitrage à l'ombre en fonction de l'heure et du mois (position du soleil définie par sa hauteur et son azimut). Dans ce cas, la surface ombrée ne reçoit plus que du flux diffus (cf. Fig. 2 et 3).



Le tableau 7 donne les valeurs de la hauteur du soleil et son azimut pour les latitudes 40 et 50° nord et pour les mois de juillet et août.

Tab. 7 – Hauteur et azimut solaire, latitude nord (extrait du « Manuel Carrier 1^{re} partie : bilan thermique », doc. Sté Carrier)

Heures solaires			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Latitude 40°	Juillet	Hauteur	13	24	35	47	57	66	70	66	57	47	35	24	13
		Azimut	74	83	93	104	118	143	180	217	242	256	267	277	286
Latitude 40°	Août	Hauteur	7	19	30	41	51	58	61	58	51	41	30	19	7
		Azimut	81	91	102	113	129	151	180	209	231	247	258	269	272
Latitude 50°	Juillet	Hauteur	15	25	34	44	52	58	60	58	52	44	34	25	15
		Azimut	77	88	100	114	131	152	180	208	229	246	260	272	283
Latitude 50°	Août	Hauteur	9	18	28	37	44	49	51	49	44	37	28	18	9
		Azimut	81	94	106	120	137	157	180	203	223	240	254	266	277

On peut évaluer la surface ombrée par le dessin (rapporteur) à partir des valeurs d'angle indiquées.

Latitude 50° nord en juillet : déterminer la zone ombrée d'une menuiserie extérieure munie d'un auvent à 15 heures solaires (cf. Fig. 3).



À 15 h, la hauteur du soleil est de 44° (cf. Fig. 4).

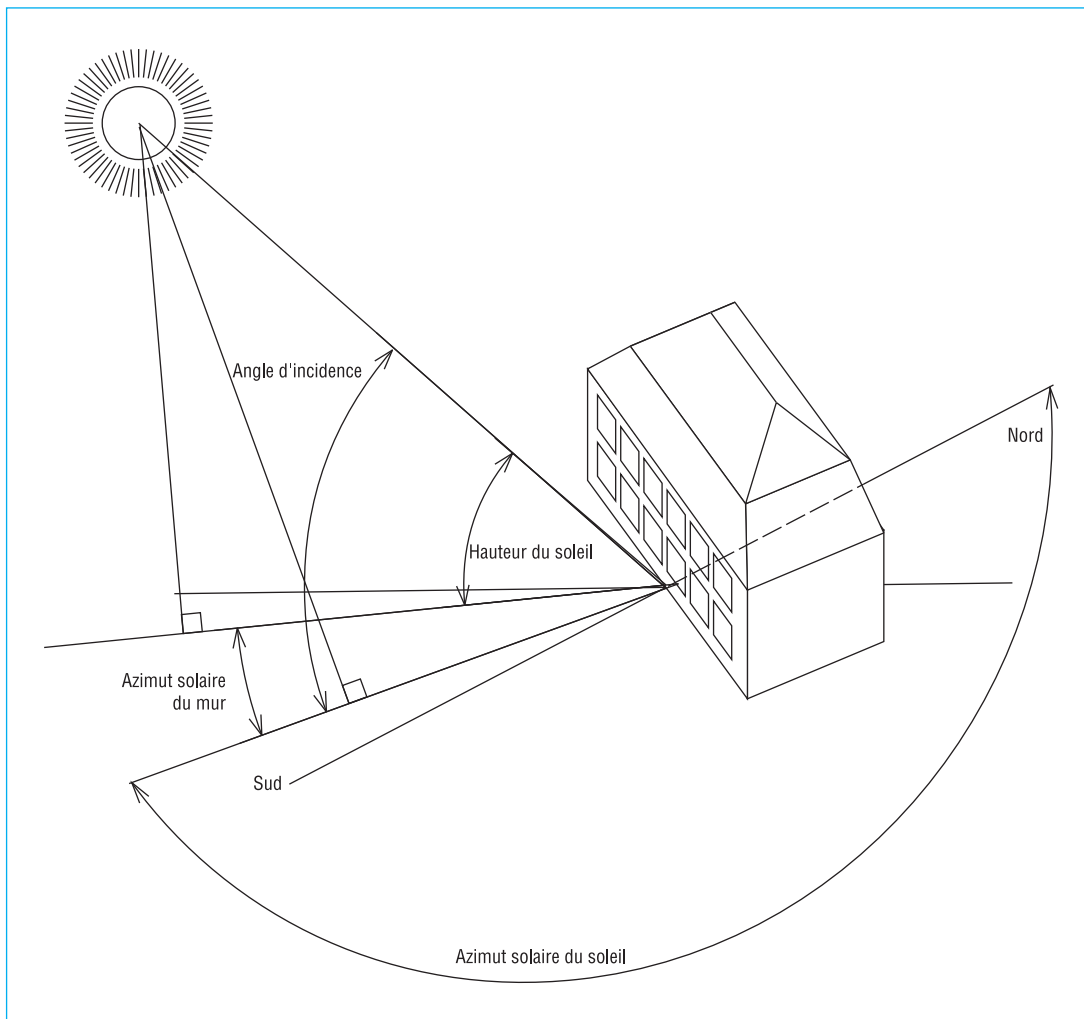


Fig. 2 : Coordonnées du soleil (© ETI).

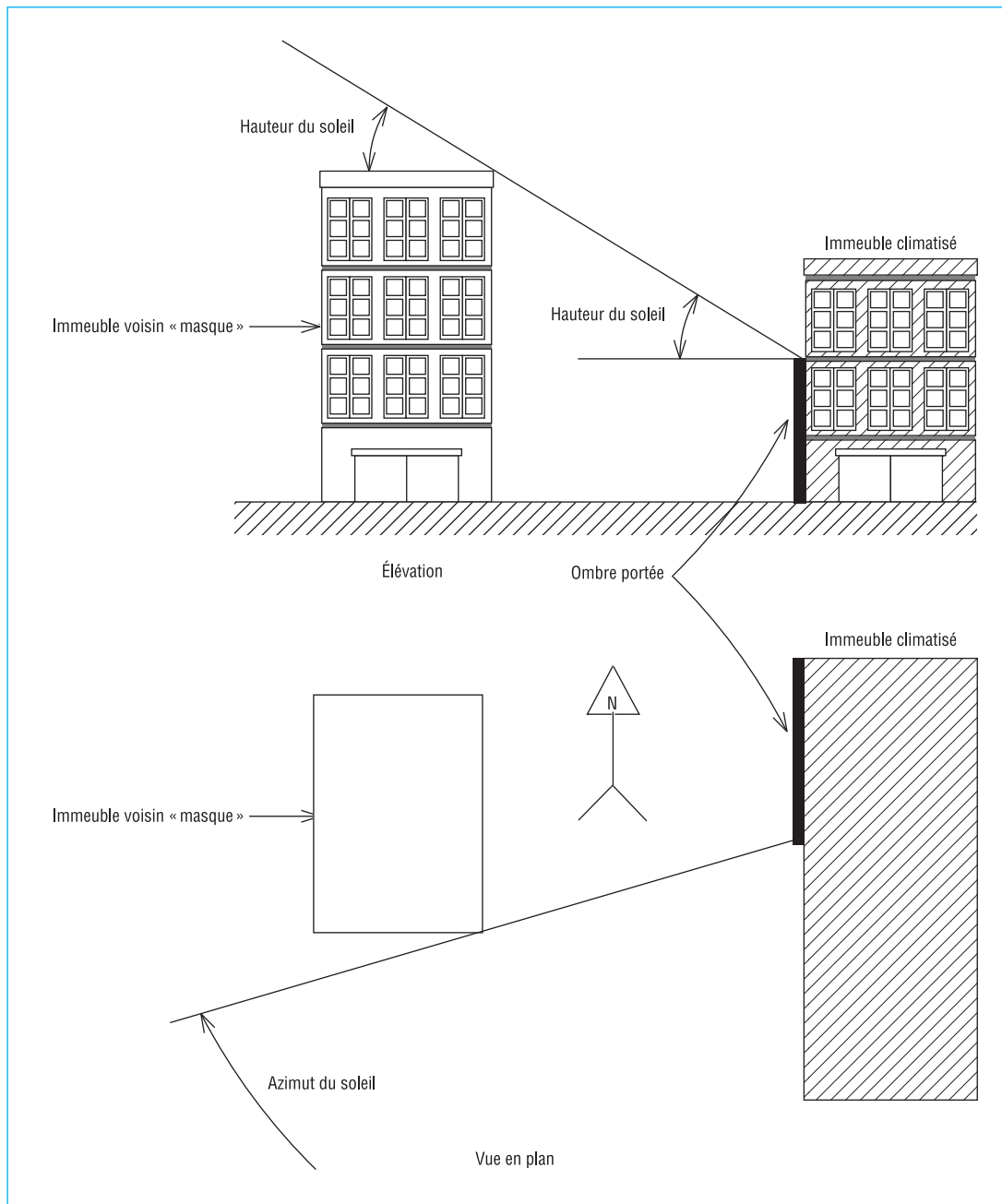


Fig. 3 : Ombre portée sur un immeuble voisin (© ETI).

II - LES APPORTS SOLAIRES PAR LES PAROIS OPAQUES

Différence de température équivalente – En été, les apports calorifiques résultent :

- de la différence de température entre air extérieur et air intérieur des locaux climatisés ;

- de l'absorption du rayonnement solaire des parois avec l'emmagasinement de la chaleur et la restitution différée dans le temps vers les locaux climatisés.

Le calcul de ces apports se fait à partir d'une notion de « différence de température équivalente » (Δ_{te}), exprimée dans les tableaux 8 à 12.



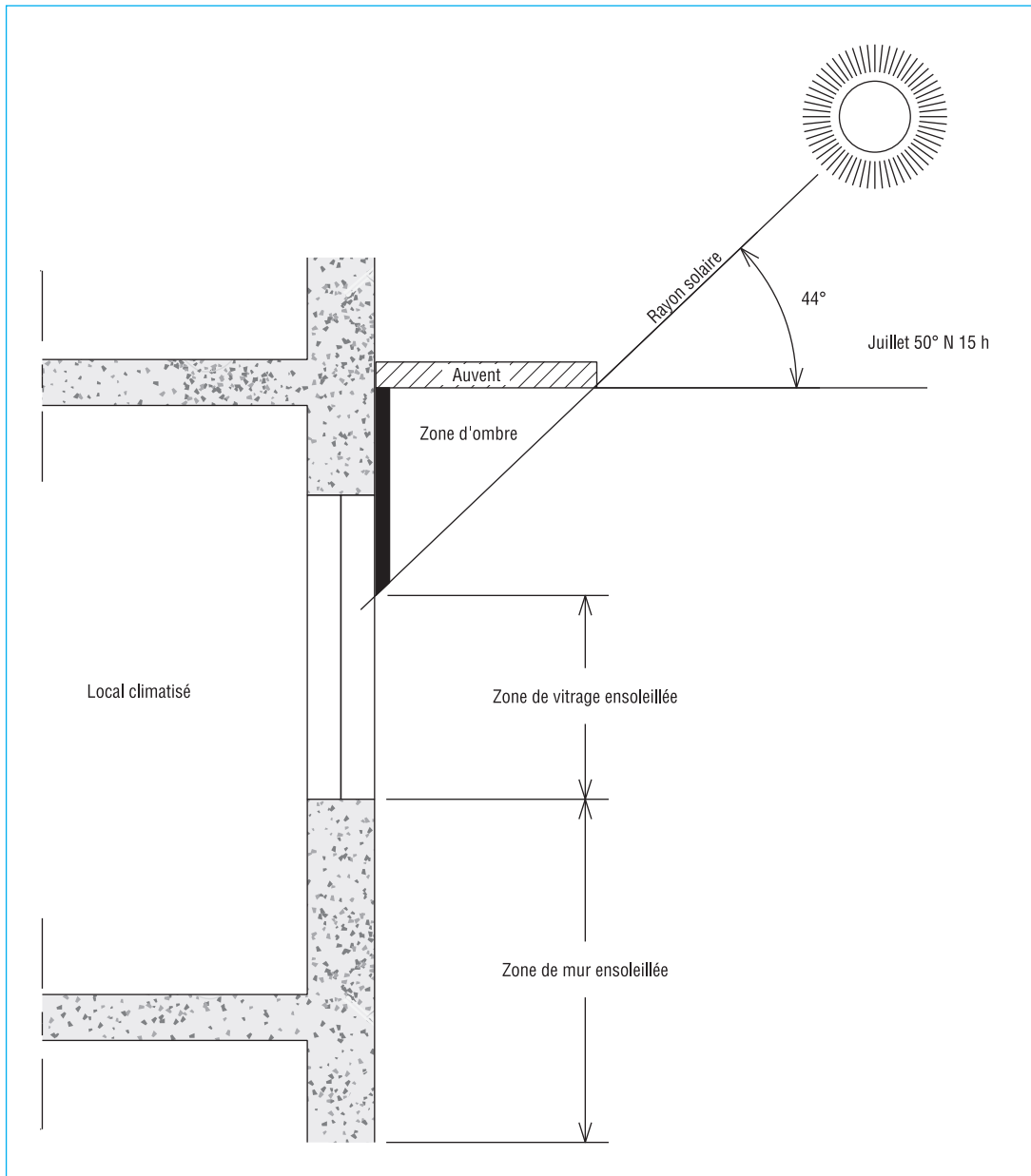


Fig. 4 : Effet de la position d'un auvent sur une façade (© ETI).

Tab. 8 – Murs ensoleillés et à l'ombre. Différences équivalentes de température (Δ_{te}) (K) (latitude 40° nord, juillet)

Orient.	Poids du mur kg/m ²	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	100	5,9	6,4	7	5,2	3,5	3,4	3,3	3,9	4,65	4,5	4,4
	300	-2,8	-1,3	7	6,25	5,5	3,7	1,8	2,6	3,3	3,8	4,4
	500	-1,4	-1,4	-1,4	1,1	3,8	3,4	3,2	2,45	1,6	2,2	2,7
E	100	9,4	10,75	12,7	12	11,2	6,5	3,3	3,9	4,65	4,5	4,4
	300	-3,6	5,6	9,6	10,1	10,3	5,5	3,7	3,4	3,3	3,8	4,4
	500	-0,6	0,3	2,9	5,5	7,2	7,8	7,5	5,9	5,1	4,4	3,5

Toute reproduction sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie est strictement interdite. - © Editions T.I.

(Suite)

Orient.	Poids du mur kg/m ²	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SE	100	2	4,7	7,8	8,7	9,5	9	8,4	6,6	5,5	4,9	4,4
	300	-3,6	2	5,2	7,1	9	8,45	8,4	6,9	5,8	4,6	4,4
	500	-0,6	-0,6	-0,6	1,6	3,8	4,3	4,9	5,5	5,1	4,8	3,55
S	100	-1,9	-3,1	-1,7	3	6,85	9,5	11	10,5	9,8	7,1	5,2
	300	-5,35	-4,85	-4,25	0,2	2	5,9	7,95	8,6	9,3	8,1	7
	500	-2,3	-2,3	-2,3	-1,8	-1,4	0,4	2,3	3,7	4,2	5,2	5,2
SO	100	-5,35	-4,4	-3,4	-1,3	-0,1	6,1	9,3	13	15,9	16,2	16,498
	300	-3,6	-3,5	-3,4	-2,9	-2,3	0,65	2,8	8,2	11,9	13,3	13,9
	500	-0,6	-1	-1,4	-1	-0,6	0	0,5	2,45	3,4	5,7	7
O	100	-5,35	-4,4	-3,4	-1,7	-0,1	3,9	6,7	12,2	15,9	17,9	19,15
	300	-3,6	-3,5	-3,4	-2,402	-1,4	0,25	1,85	6,1	9,3	12,9	15,6
	500	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	0	0,5	1,5	2,5	4,8	6,1
NO	100	-5,35	-4,4	-3,4	-1,7	-0,1	2,1	3,3	6,6	8,9	12,7	15,6
	300	-5,35	-4,85	-4,25	-3,2	-2,3	-0,202	1	2,1	3,3	7,3	11,35
	500	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,3	-1,2	-0,6	-0,1	1,3	2,7
N (ombre)	100	-5,35	-4,85	-4,25	-2,65	-0,95	1,25	2,35	3,55	4,65	4,05	3,55
	300	-5,35	-4,85	-4,25	-3,65	-3,15	-1,45	0,15	1,25	2,35	2,95	3,55
	500	-3,15	-3,15	-3,15	-3,15	-3,15	-2,65	-2,05	-1,45	-0,95	-0,35	-0,35

Tab. 9 – Murs ensoleillés et à l'ombre. Différences équivalentes de température (Δ_{te}) (K) (latitude 50° nord, juillet)

Orient.	Poids du mur kg/m ²	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	100	5	5,5	6,7	4,6	3,1	2,9	3,6	4,3	4,65	4,5	4,3
	300	-4,5	-1,6	6,7	5,7	4,8	3,3	1,7	2,5	3,2	3,7	5,9
	500	-1,4	-1,4	-1,4	1,1	3,7	3,4	3,1	2,4	1,6	2,2	2,6
E	100	9,2	10,6	12,5	11,9	11,09632	6,4	3,3	3,9	4,65	4,5	4,4
	300	94	10,75	12,7	12,1	11,2	6,5	3,3	3,9	4,65	4,5	4,4
	500	-0,60174	0,25	2,9	5,4	7,1	7,7	7,35	5,8	5	4,35	3,5
SE	100	3	6	9,8	10,2	11	10,1	9,3	7	5,6	5	4,5
	300	-3,4	3	6,6	8,6	10,7	9,8	9,6	7,7	6,35	4,9	4,5
	500	-0,2	-0,2	-0,2	2,3	2,9	5,2	5,8	6,4	6	5,5	4,1
S	100	-5,35	-2,2	-0,7	6	11	13,90004	15,7	14,2	12,5	8,7	6,2
	300	-5,35	-4,85	-4,25	1,6	4,8	9,75	12,	12,6	13	10,94578	8,8
	500	0,79	0,79	0,79	4,1	5,1	7,95	8,5	9,15	8,3	7,5	5,6
SO	100	-5,35	-4,3	-3	-1,1	0	6,75	10,25	14,39824	17,45448	17,9	18,3
	300	-3,4	-3,3	-3,3	-2,75	-2,2	0,95	3,2	9,15	13,3	14,8	15,35
	500	-0,2	-0,65	-1,2	-0,65	-0,2	0,35	0,9	3	4	6,6	8

LES BILANS THERMIQUES D'ÉTÉ ET D'HIVER

(Suite)

Orient.	Poids du mur kg/m ²	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
O	100	-5,35	-4,4	-2,89942	-1,7	-0,10058	3,9	6,7	12,1	15,8	17,79516	19
	300	-3,65116	-3,55	-3,40058	-2,4	-1,45116	0,25	1,85	6	9,2	12,8	15,5
	500	-0,60174	-0,60174	-0,60174	-0,60174	-0,60174	0	0,5	1,5	2,5	4,75	6
NO	100	-5,35	-4,4	-2,85	-1,8	-0,15	2	3,2	6,35	8,6	12	21
	300	-5,35	-485	-4,25	-3,2912	-2,35	-0,30184	0,95	2	3,2	6,95	10,75
	500	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,45	-1,25	-0,65	-0,15	1,2	2,45
N(ombre)	100	-5,35	-4,85	-2,05	-2,65	-0,95	1,25	2,35	3,55	4,65	4,05	3,55
	300	-5,35	-4,85	-4,25	-3,65	-3,15	-1,45	0,15	1,25	2,35	2,95	3,55
	500	-3,15	-3,15	-3,15	-3,15	-3,15	-2,65	-2,05	-1,45	-0,95	-0,35	-0,35

Tab. 10 – Murs ensoleillés et à l'ombre. Différences équivalentes de température (Δ_{te}) (K) (latitude 40° nord, août)

Orient.	Poids du mur kg/m ²	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	100	3,65	4,2	4,75	3,65	2,5	3	3,1	3,85	4,65	4,4	4,2
	300	-4,65	-2	4,75	4,3	3,8	2,7	1,5	2,3	3,1	3,65	4,2
	500	-1,8	-1,8	-1,8	0,3	2,4	2,2	2,1	1,7	1,1	1,7	2,1
E	100	9,25	10,6	12	11,95	11,1	6,4	3,3	3,95	4,65	4,5	4,4
	300	-3,65	5,5	9,5	6,15	10,1	5,4	3,6	3,4	3,3	3,8	4,4
	500	-0,60	0,25	2,9	5,4	7,1	7,7	7,4	5,8	5	4,35	3,5
SE	100	3,15	6,3	9,8	10,5	11,2	10,3	9,4	7,1	5,65	5	4,55
	300	-3,35	3,2	6,8	8,85	10,95	10	9,75	7,85	6,4	4,95	4,55
	500	-0,15	-0,15	-0,15	2,35	4,9	5,4	6	6,6	6,1	5,6	4,2
S	100	-5,35	-2,35	-0,45	5,7	10,5	13,40	13,70	13,75	12,2	8,5	6
	300	-5,35	-4,85	-4,25	1,4	4,5	9,3	11,6	12,1	12,55	10,6	8,6
	500	-1,9	-1,9	-1,9	-1,20	-0,65	1,8	4,4	6,1	6,7	7,9	7,9
SO	100	-5,35	-4,30	-3,25	-1,1	0,05	6,9	10,5	14,7	17,8	18,3	18,7
	300	-3,35	-3,3	-3,25	-2,75	-2,15	1	3,2	9,4	13,6	15,1	15,7
	500	-0,15	-0,6	-1,15	-0,6	-0,15	0,45	0,95	3,1	4,15	6,75	8,2
O	100	-5,35	-4,4	-3,40	-1,7	-0,10	3,9	6,65	12,1	15,75	17,8	19
	300	-3,65	-3,55	-3,40	-2,4	-1,45	0,25	1,85	6	9,2	12,8	15,5
	500	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	0	0,5	1,5	2,5	4,75	6
NO	100	-5,35	-4,5	-3,55	-1,9012	-0,25	1,95	3	6	8	11	13,2
	300	-5,35	-4,85	-4,25	-3,35	-2,45	-0,46	0,85	1,95	3,1	6,45	9,8
	500	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,6	-1,35	-0,75	-0,25	1	2,1
N(ombre)	100	-5,35	-4,85	-4,25	-2,65	-0,95	1,25	2,35	3,55	4,65	4,05	3,55
	300	-5,5	-4,85	-4,25	-3,65	-3,15	-1,45	0,15	1,25	2,35	2,95	3,55
	500	-3,15	-3,15	-3,15	-3,15	-3,15	-2,65	-2,05	-1,45	-0,95	-0,35	-0,35

Toute reproduction sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie est strictement interdite. – © Editions T.I.

Tab. 11 – Murs ensoleillés et à l'ombre. Différences équivalentes de température (Δ_{te}) (K) (latitude 50° nord, août)

Orient.	Poids du mur kg/m ²	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NE	100	2,95	3,5	4	3,2	2,3	2,85	3,7	3,55	4,3	4,4	4,2
	300	- 4,7	- 2,25	5	3,7	3,25	2,35	1,4	2,2	3	3,6	4,2
	500	- 1,9	- 1,9	- 1,9	0	2	1,85	1,8	1,4	0,95	1,5	1,9
E	100	8,8	10,1	11,55	11,50	10,7	6,25	3,25	3,9	4,65	4,5	4,4
	300	- 3,70	5,2	9	9,85	9,7	5,2	3,5	3,35	3,25	3,8	4,4
	500	- 0,7	0,15	2,7	5,15	6,8	7,4	7	5,6	4,9	4,2	3,4
SE	100	3,8	7,15	10,8	11,5	12,1	11	9,95	7,35	5,7	5,1	4,6
	300	- 3,2	3,8	7,65	9,8	12	10,9	10,5	8,4	6,75	5,1	4,6
	500	0	0	0	2,8	5,5	6	6,6	7,2	6,65	6,1	4,5
S	100	- 5,35	- 1,4	0,9	8,7	14,65	17,8	19,8	17	14,95	10,1	7
	300	- 5,35	- 4,85	- 4,25	3,2	7,3	13,2	15,75	16,1	16,2	13,402	10,4
	500	- 1,45	- 1,45	- 1,3	- 0,5	0,3	3,4	6,7	8,85	9,5	10,9	10,9
SO	100	- 5,35	- 4,25	- 3,2	- 1	0,1	7,3	11	15,445	18,7	19,25	19,7
	300	- 3,2	- 3,2	- 3,2	- 2,7	- 2,1	1,2	3,45	9,9	14,3	15,9	16,5
	500	0	- 0,4	- 1	- 0,4	0	0,65	1,15	3,4	4,5	7,25	8,8
O	100	- 5,35	- 4,40	- 3,4	- 1,75	- 0,1	3,8	6,55	11,85	15,4	17,4	18,5
	300	- 3,70	- 3,6	- 3,4	- 2,45	- 1,50	0,2	1,8	5,9	9	12,5	15,1
	500	- 0,7	- 0,7	- 0,7	- 0,7	- 0,7	- 0,10	0,4	1,4	2,4	4,6	58,5
NO	100	- 5,35	- 4,50	- 3,6	- 1,95	- 0,3	1,9	3	5,8	7,8	10,45	12,5
	300	- 5,35	- 4,85	- 4,25	- 3,35	- 2,5	- 0,55	0,8	1,9	3	6,2	9,3
	500	- 1,9	- 1,9	- 1,9	- 1,9	- 1,9	- 1,7	- 1,4	- 0,8	- 0,3	0,9	1,9
N (ombre)	100	- 5,35	- 4,85	- 4,25	- 2,65	- 0,95	1,25	2,35	3,55	4,65	4,05	3,55
	300	- 5,35	- 4,85	- 4,25	- 3,65	- 3,15	- 1,45	0,15	1,25	2,35	2,95	3,55
	500	- 3,15	- 3,15	- 3,15	- 3,15	- 3,15	- 2,65	- 2,05	- 1,45	- 0,95	- 0,35	- 0,35

Tab. 12 – Terrasses ou toits ensoleillés. Différences équivalentes de température (Δ_{te}) (K)

Latitude	Poids du mur (kg/m ²)	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Juillet 40° nord	100	- 4,5	- 3,8	- 2,3	1	4,5	7,9	11,35	14	16,35	17,1	17
	300	- 0,8	- 0,35	0	1,5	3,8	6,6	9	11	12,95	14,4	15
	400	1,35	1,5	1,8	2,5	3,8	6,6	8,55	9,75	11,7	13,1	14,1
Juillet 50° nord	100	- 4,5	- 3,8	- 2,4	0,7	4	7,3	10,6	13	15,2	15,8	15,6
	300	- 1,15	- 0,75	- 0,4	1	3,1	5,75	8	9,9	11,8	13,1522	13,7
	400	0,8	0,8	1,2	1,75	3,1	5,75	7,6	8,8	10,7	12	12,95
Août 40° nord	100	- 4,55	- 3,8	2,35	0,75	4,15	7,4	10,7	13,2	15,4	16	15,9
	300	- 1,1	- 0,65	- 0,30	1,1	3,2	5,9	8,2	10,1	12	13,40	14
	400	0,9	0,9	1,35	1,9	3,2	5,9	7,8	9	10,9	12,2	13,2

(Suite)

Latitude	Poids du mur (kg/m ²)	Heures solaires										
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Août 50° nord	100	-4,65	-3,9	-2,4	0,38	3,6	6,7	9,8	12	14	14,5	14,3
	300	-1,50	-1,1	-0,8	0,45	2,4	4,9	7	8,8	10,6	11,9	12,45
	400	0,25	0,25	0,6	1,15	2,4	4,9	6,65	7,8	9,6	10,85	11,8

Les tableaux précédents sont établis pour deux mois d'été (juillet et août) pour des latitudes de 40 et 50° nord avec une simplification des données :

- une couleur moyenne de la façade extérieure (coefficient 0,78) ;
- un écart entre température extérieure (15 h) et température intérieure de 5 K, une variation de la température extérieure sur 24 h de 11 K.



Remarque

Dans le cas de calculs plus poussés, il y aura lieu de se reporter aux méthodes énoncées en tête de chapitre.

La relation est la suivante $Q = U \cdot A \cdot \Delta_{te}$

Où :

- Q = apport en W ;
- U = coefficient de transmission thermique W/m².K ;
- A = surface de paroi considérée en m² ;
- Δ_{te} = température équivalente en K (cf. Tab. 8 à 12).

Le calcul de U est fixé dans la recommandation 01-2003 de l'AICVF « Chauffage : déperditions de base ».



Exemple

Quelle est la température équivalente d'une paroi opaque orientée à l'est (latitude nord 40°) dont le poids de mur est de l'ordre de 300 kg/m² à 13 heures solaires en juillet ?



Le tableau 8 indique : Δ_{te} : 5,5 K.

Si U a une valeur calculée de 0,7 W/m².K, l'apport de la paroi sera de $0,7 \times 5,5 = 3,85$ W/m² pour l'heure considérée.

III - LES APPORTS PAR TRANSMISSIONS DES VITRAGES

Détermination – La relation qui permet de déterminer les apports par transmissions des vitrages est la suivante :

$$Q = U \cdot S \cdot \Delta t$$

Où :

- Q = apport en W ;
- U = coefficient de transmission thermique W/m².K ;
- S = surface de la surface vitrée en m² ;
- Δt = écart de température entre l'extérieur et l'intérieur en K.

Détermination du coefficient U – Pour la détermination du coefficient U, on se reportera à la recommandation 01-2003 « Chauffage : déperditions de base » de l'AICVF.

Le paramètre Δt correspond à l'écart de température entre extérieur et intérieur pour le mois et l'heure considérés. Il est précisé que la température intérieure suit un décalage en fonction de la température extérieure entre la consigne « hiver »

et la consigne « été », d'où une valeur variable de cette température.

IV - LES APPORTS DUS AUX INFILTRATIONS D'AIR EXTÉRIEUR

Les défauts d'étanchéité – Les infiltrations et fuites dans les bâtiments résultent de défauts d'étanchéité de la construction, des menuiseries extérieures, d'ouvertures de portes et de la différence de pression de l'air entre l'intérieur et l'extérieur.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

- en climatisation de confort dans le tertiaire « neuf » (bureaux, hôtels et autres), on neutralise ces infiltrations par une mise en surpression d'air neuf dans les locaux concernés ; un taux de surpression de 0,5 à 1 volume/heure apparaît satisfaisant compte tenu de la qualité de construction ;

- dans les locaux à risque de pollution pour l'environnement, il est maintenu une dépression par rapport à l'extérieur avec un débit d'extraction supérieur au débit d'air neuf ; le taux de dépression est à adapter selon le type de local.

Détermination par le calcul ou par lecture sur diagramme – Les apports sont déterminés soit à partir du calcul, soit par lecture sur le diagramme de l'air humide par la différence d'enthalpie.

1/ Par le calcul :

- Apports de chaleur sensible Q_s :

$$- Q_s = D \cdot 0,29 \cdot (t_{ext} - t_i)$$

Où :

- Q_s = apport de chaleur sensible en W ;
- D = débit massique d'air sec en kg/h ;
- 0,29 = chaleur spécifique de l'air sec, W/kg.K ;
- t_{ext} = température extérieure °C ;
- t_i = température sèche intérieure.

- Apports d'humidité w_e :

$$- w_e = D \cdot (w_{ext} - w_i)$$

Où :

- w_e = apport d'humidité en g/h ;
- D = débit massique d'air sec en kg/h ;
- w_{ext} = teneur en humidité de l'air extérieur en g/kg ;
- w_i = teneur en humidité de l'air intérieur en g/kg.

La chaleur totale Q_t est :

$$- Q_t = Q_s + 0,7 \cdot w_e ;$$

- 0,7 = chaleur latente de vaporisation W/g.

2/ Par lecture sur le diagramme :

La lecture sur le diagramme se fait par :

- repérages des conditions sur le diagramme ;
- lecture de la différence d'enthalpie ;
- lecture des valeurs des teneurs en vapeur d'eau.

Exemple

Soit 4 portes de magasin de 1,4 × 2,1 m, au rez-de-chaussée d'un bâtiment de hauteur inférieure à 10 m, ouvertures fr-

quentes ; conditions intérieures : 25 °C, 50 %, conditions extérieures : 32 °C, 40 %.

Quel est le débit estimé d'infiltration ? Quel est l'apport calorifique résultant ?



Le tableau 13 indique un débit d'infiltration de 29 g/s m².

Soit débit : $1,4 \times 2,1 \times 4 \times 29 = 341$ g/s ou 1 230 kg/h environ.

Par lecture sur le diagramme de l'air humide, la différence d'enthalpie est la suivante :

- 32 °C 40 % : 62,5 kJ/kg ;
- 25 °C 50 % : 50 kJ/kg.

Différence : 12,5 kJ/kg ou $12,5 / 3,6 = 3,47$ W/kg.

Qt : $3,47 \times 1\ 230 = 4\ 268$ W.

Par le calcul :

Qs = $1\ 230 \times 0,29 \times 32 - 25 = 2\ 497$ W.

$w_{ext} - w_i = 12 - 10 = 2$ g/kg (lecture sur diagramme).

QI = $0,7 \times 1\ 230 \times 2 = 1\ 722$ W.

Qt = $2\ 497 + 1\ 722 = 4\ 219$ W.

Les résultats dans les deux modes de calcul se recouvrent sensiblement.

Tab. 13 – Débits d'infiltrations types (g/s.m²) pour les ouvrants (portes et orifices selon Promoclim en site urbain)

	Porte courante	Porte étanche ¹⁾	Porte tournante ²⁾	Orifice
Sur rue ou h inférieure à 10 m	4	0,7	29	2 300
h comprise entre 10 et 35 m	4,5	0,8	31	1 500
h égale ou supérieure à 30 m	5	1	34	1 700
h = hauteur du bâtiment en mètres.				
1) Portes avec seuil et points d'étanchéité. 2) Ou portes à ouvertures fréquentes (magasins, aéroports...).				

V - LES APPORTS DUS À L'AIR NEUF DE RENOUVELLEMENT D'AIR

Dans le bilan de refroidissement d'une installation de climatisation, la part due à l'air neuf est très importante (20 à 30 %). Aussi, il est impératif de se limiter le plus possible :

- aux valeurs fixées par la réglementation ;
- à des quantités justifiées par un milieu particulier, tel que l'air de compensation pour l'élimination de polluants (milieu à caractère industriel par exemple).

En raison des coûts d'exploitation, l'introduction d'air neuf, sauf cas spécifique, doit être réduite ou interrompue en dehors de l'occupation des locaux.

Réglementation – Les débits d'air neuf requis dans les immeubles du tertiaire sont fixés par la réglementation suivante :



- Décret n° 84-1093 du 7 décembre 1984, article 232-1-3 du Code du travail (cf. Tab. 14).



- Révision du règlement sanitaire-type, circulaire du 20 janvier 1983 (article 64-1) (cf. Tab. 15).



- Débits d'air neuf résultant de l'expérience, pour des locaux particuliers non mentionnés ci-avant (cf. Tab. 16).



Les débits d'extraction de locaux à pollution spécifique (cuisines, salles d'eau, cabinets d'aisances...) sont fixés par le décret n° 84-1094 du 7 décembre 1984, article R. 235-9 du Code du travail (cf. Tab. 17).

Tab. 14 – Débits d'air neuf requis dans les immeubles du tertiaire

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf par occupant (m ³ /h/occupant)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

Tab. 15 – Débit minimal d'air neuf par occupant dans les immeubles du tertiaire

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf par occupant (m ³ /h/occupant) avec interdiction de fumer
Locaux d'enseignement : Classes, salles d'études, laboratoire (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique)	
– maternelles, primaires et secondaires du 1 ^{er} cycle	15
– secondaires du 2 ^e cycle et universitaires	18
Ateliers	18
Locaux d'hébergement : chambres collectives (plus de trois personnes) ¹⁾ , dortoirs, cellules, salles de repos	18
Bureaux et locaux assimilés : locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques	18
Locaux de réunions : salles de réunions, de spectacles, de cultes, foyers	18
Locaux de vente : boutiques, supermarchés	18
Locaux de restauration : cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	18
Locaux à usage sportif : • par sportif	22
– dans une piscine	22
– dans les autres locaux	25
• par spectateur	18
1) Pour les chambres de moins de 3 personnes, le débit minimal à prévoir est de 30 m ³ /h par local.	

Tab. 16 – Débits d'air neuf résultant de l'expérience, pour des locaux particuliers

Nature des locaux	Renouvellement d'air en volumes/heure (V/h)
Laboratoires	3 à 5
Teintureries	20
Ateliers d'usinage et de tôlerie	4 à 8
Ateliers de peinture et de vernissage	30 à 60
Blanchisseries	10 à 15
Salle d'opération	15
Salles d'examens	6
Chambre de réanimation	5
Chambre de contagieux	8
Locaux d'anesthésie	5
Pédiatrie, maternité	5 à 8
Local technique CPCU (vapeur)	20 à 25
Locaux électriques	500 m ³ /h par kW dissipé (région Île-de-France)
Salles de groupes électrogènes	45 m ³ /h par kVA ¹⁾ 75 m ³ /h par kVA ²⁾
Local de batteries d'accumulation	12

1) Amenée d'air correspondant à l'air de combustion + la ventilation du local.
2) Amenée d'air correspondant à l'air de combustion + ventilation du local + refroidissement du groupe.

Tab. 17 – Débits d'extraction de locaux à pollution spécifique

Désignation des locaux	Débit minimal d'air introduit (en m ³ /h par local)
Cabinets d'aisances isolés	30
Salles de bains ou de douches isolées	45
Salles de bains ou de douches communes avec un cabinet d'aisances	60
Bains, douches et cabinets d'aisances groupés	30 + 15 N ¹⁾
Lavabos groupés	10 + 5 N ²⁾

1) Nombre d'équipements dans le local.
2) Pour un cabinet d'aisances, une salle de bains ou de douches avec ou sans cabinet d'aisances, le débit d'air introduit peut être limité à 15 m³/h si ce local n'est pas à usage collectif.

2 Charges internes

I - LA TEMPÉRATURE DE « NON-CHAUFFAGE »

Appréciation des charges internes – Les charges internes dans certaines constructions telles que les bureaux ont un impact considérable en période hivernale. Elles conduisent à une température de « non-chauffage » pour une température voisine de + 3 à + 5 °C à l'extérieur, ce qui conduit pour des locaux en exploitation à interrompre le chauffage au-delà de cette température. Malgré tout, il y a lieu de se méfier des valeurs retenues dans les charges internes qui peuvent être surestimées (cas de la bureautique par exemple) et qui peuvent conduire en phase exploitation à un décalage de la température dite « de non-chauffage ».

II - LES APPORTS PAR LES OCCUPANTS

Origines de la chaleur – Les charges sont fonction de la température sèche du local et de la respiration de l'occupant ; c'est ce qui définit le métabolisme humain.

La chaleur provient des échanges thermiques découlant de la différence de température entre surface du corps et ambiance (échanges par rayonnement et convection).

L'être humain dégage par ailleurs de la vapeur d'eau par la surface de la peau et par la respiration.



Le tableau 1 indique les valeurs de dissipations calorifiques en chaleur sensible (Qs) et en chaleur latente (Qt) en fonction de la température, de l'activité et pour une humidité relative (HR) de 40 à 70 %.

Tab. 1 – Apports dus aux occupants en W (hommes adultes)

Activité	Total	19 °C		21 °C		23 °C		25 °C		27 °C		29 °C	
		Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql	Qs	Ql
Assis, au repos (théâtre)	110	86	24	79	31	73	37	67	43	59	51	45	65
Debout, au repos	125	94	31	86	39	78	47	70	55	61	64	46	79
Activité modérée (bureau, restaurant, banque)	150	100	50	91	59	82	68	72	78	62	88	47	103
Activité moyenne (vendeur debout), magasin, boutiques	175	108	67	95	80	84	91	73	102	62	113	47	128
Activité importante	200	117	83	104	96	90	110	75	125	63	137	48	152
Marche (3 km/h)	225	126	99	111	114	96	129	81	144	65	160	51	174
Mécanicien, peintre en bâtiment, travail léger en usine	250	136	114	119	131	103	147	87	163	70	180	53	197
Serveur de restaurant (très actif)	275	145	130	128	147	111	164	96	179	78	197	63	212
Marche (4 km/h)	300	153	147	137	163	120	180	105	195	87	213	72	228
Marche rapide (danse)	400	190	210	172	228	154	246	138	262	120	280	100	300

Métabolisme femme adulte : valeurs ci-dessus $\times 0,85$.
 Métabolisme enfant : valeurs ci-dessus $\times 0,75$.
 Qs : apport sensible.
 Ql : apport latent.

Exemple

Comment définir le nombre d'occupants dans divers types de locaux ?

Deux hypothèses sont posées :

- il est fixé (et il doit être fixé) dans le programme du maître de l'ouvrage, prescription qui est de sa responsabilité ;
- il est fixé par des données résultant de l'expérience en l'absence de données « programme ». Elles doivent être validées par le maître de l'ouvrage. Le tableau 2 permet de fixer le taux habituellement rencontré.





Remarque

Pour des informations plus complètes sur ces taux d'occupation, on se reportera au document du CSTB : « Exemples de solutions pour faciliter l'application du règlement relatif aux équipements autres que l'habitation » – Ventilation (livraison 293, octobre 1988, cahier 2286).

Tab. 2 – Taux d'occupation dans des locaux divers

Types de locaux	Taux d'occupation
Bureaux	1 occupant pour 8 à 10 m ² utiles
Salles de réunion	1 occupant pour 2 m ² utiles
Salles de restaurant	1 occupant pour 1,2 m ² utiles
Petits commerces	1 occupant pour 4 à 8 m ² utiles
Chambre d'hôtel	2 occupants par chambre
Salle de cours dans l'enseignement	1 occupant pour 1,5 m ² utiles



Les tableaux 6 à 12 permettent une approche par catégorie de locaux.

Dans les immeubles de bureaux, la flexibilité des surfaces de plateau ne permet pas toujours d'établir la proportion salles de réunion/bureaux. De manière empirique, il peut être pris en compte 15 % de surface utile attribuée aux salles de réunions.

Exemple

Soit un magasin de 150 m². Déterminer le nombre d'occupants et les apports qui en résultent sachant que la température ambiante est de + 25 °C.

Nombre approché d'occupants : $150 / 6 = 25$ environ (1 occupant pour 6 m²).

Apports sensibles Qs : $73 \text{ W} \times 25 = 1\ 825 \text{ W}$

Apports latents Ql : $102 \text{ W} \times 25 = 2\ 550 \text{ W}$ ou $3\ 640 \text{ g/h}$ d'eau ($2\ 550 / 0,7$) ; $0,7 \text{ W/g}$ = chaleur latente de vaporisation.

III - LES APPORTS PAR L'ÉCLAIRAGE DES LOCAUX

Deux types de luminaires – On rencontre :

- les luminaires à incandescence ;
- les luminaires à fluorescence.

La chaleur est dégagée à la fois par convection et par rayonnement avec des proportions plus ou moins importantes selon le type de luminaire (selon Recknagel) (cf. Tab. 3).



À un niveau d'éclairage égal (lux), il faut plus de puissance installée pour un éclairage incandescent que pour un éclairage fluorescent.

Tab. 3 – Émission émise par les luminaires

Énergie émise par	Luminaires « types »	
	À fluorescence	À incandescence
Rayonnement visible	20 %	10
Rayonnement infrarouge	40 %	80
Conduction et convection	40 %	10

Exemple

- Pour un niveau d'éclairage de 300 lux :
- puissance installée en incandescent : environ 60 W/m² ;
 - puissance installée en fluorescent : environ 13 à 18 W/m².

Dans la puissance utile dissipée par l'éclairage fluorescent, il faut prendre en compte l'incidence des ballasts si intérieurs au luminaire et dont la majoration représente un coefficient de 1,25 de la puissance des tubes.

Dans un bilan détaillé des charges thermiques, les apports par l'éclairage sont affectés d'un coefficient d'amortissement résultant du type d'éclairage, de la durée de fonctionnement, de la structure, de l'heure de début d'éclairage (voir les méthodes de calcul : Carrier, Costic...).

Réglementation thermique – La réglementation thermique RT 2000 et RT 2005 fixe des puissances d'éclairage de référence selon la destination des locaux ; ces dispositions concernent les immeubles neufs avec des valeurs très limitées d'éclairage au mètre carré utile.

Il faut signaler le cas de luminaires spéciaux à reprise d'air (fluorescent) où selon le débit d'air pris en compte, le flux thermique dissipé vers l'ambiance est de 35 à 40 % de la puissance nominale des tubes.

IV - LES APPORTS PAR LES ÉQUIPEMENTS DE BUREAUTIQUE

Valeurs – Les données d'apports par le matériel de bureautique sont peu fiables et les valeurs rencontrées dans la littérature sont indiquées au tableau 4.



Dans les surfaces à usage de bureaux, il est couramment indiqué dans les cahiers des charges des ratios pour la bureautique de 20 à 25 W/m² utiles, soit environ 200 W par bureau.

Tab. 4 – Apports par les équipements de bureautique

Type d'équipement	Apports
Micro-ordinateur	60 à 120 W
Moniteurs	60 W
Imprimante laser	600 W
Scanner	110 W
Rétroprojecteur	250 W
Photocopieuse	250 à 450 W
Télévision	120 W

V - LES APPORTS DIVERS

 **Machines à moteur électrique** – Apports par les machines équipées de moteurs électriques (cf. Tab. 5).

Tab. 5 – Apports par les machines à moteurs électriques

Moteur	À l'extérieur du local	À l'intérieur du local	À l'intérieur du local
Machine	À l'intérieur du local	À l'extérieur du local	À l'intérieur du local
Apports à l'intérieur du local	$P = \eta \cdot P_{abs}$	$P_{abs} - P_u$	P_{abs}
Cas	1	2	3

Où :

- P_u : puissance utile du moteur (puissance fournie à la machine entraînée) avec $P_u = \eta \cdot P_{abs}$;
- P_{abs} : puissance absorbée par le moteur ;
- η : rendement. Par approximation, il est de :
 - 0,6 jusqu'à 0,5 kW ;
 - 0,7 de 0,6 à 5 kW ;
 - 0,85 de 0,6 à 15 kW.

Comment déterminer la puissance électrique absorbée P_{abs} d'un ventilateur à vitesse constante et sa dissipation calorifique dans son environnement ?

Le calcul de P_{abs} est donné par la relation suivante :

$$P_{abs} = \frac{H_m \cdot D}{1\,000 \cdot \eta}$$

Où :

- P_{abs} = puissance absorbée en kW ;
- H_m = pression totale en Pa ;
- η = rendement ventilateur/moteur (généralement entre 60 et 80 %, voir ci-dessus) ;
- D = débit d'air en m³/s.

Exemple

Soit un ventilateur centrifuge d'un débit $D = 18\,000$ m³/h (5 m³/s), dont la hauteur manométrique (H_m) est de 800 Pa, le rendement étant de 72 % ; ce ventilateur avec moteur est inséré dans un caisson raccordé au réseau de gaine (moteur et machine entraînée sont dans le flux d'air climatisé).

Quelle est la puissance absorbée P_{abs} ?

Quelle est la puissance dissipée dans l'air véhiculé ?

$$P_{abs} = \frac{800 \times 5}{1\,000 \times 0,72} = 5,56 \text{ kW}$$

Puissance dissipée dans le flux d'air : c'est celle correspondant à la machine entraînée + le moteur, soit 5,56 kW conduisant à une élévation de température d'air (Δt) de 0,90 °C environ ($5\,560 = 0,34 \cdot \Delta t \cdot 18\,000$).

Apports par plans d'eau – Ils sont déterminés à partir de la formule d'approche suivante (ouvrage AICVF Guide n° 5, cas d'une piscine) :

$$w_e = \alpha \cdot A (w'' - w')$$

Où :

- w_e : quantité d'eau évaporée en kg/h ;
- α : coefficient d'évaporation en kg/m².h.
La formule de α est : $\alpha = 25 + 19 v$,
 v étant la vitesse de l'air sur la surface humide :
 - $v = 0$ m/s, $\alpha = 25$;
 - $v = 0,30$ m/s, $\alpha = 30$;
 - $v = 0,80$ m/s, $\alpha = 40$;
- A : surface de l'eau en m² ;
- w'' : teneur en eau de l'air saturé à la température de la surface de l'eau en kg/kg d'air ;
- w' : teneur en eau de l'air ambiant en kg/kg air.

Exemple

Soit une piscine de plan d'eau égal à 25 × 12,5 m, d'une surface de 312,5 m².

Air dans le hall : + 27 °C, HR : 65 %. Vitesse de l'air sur la surface humide : 0,30 m/s. Eau du bassin = + 26 °C.

Quelle est la quantité d'eau évaporée ?

La lecture du diagramme de l'air humide donne :

- pour l'air du hall (27 °C, 65 %), $w_i = 14,5$ g/kg ;
- pour l'air saturé au contact de l'eau (+ 26 °C), $w'' = 21$ g/kg ;
- α pour une vitesse de 0,30 m/s = 30 ;
- $w_e = 30 \cdot 312,5 \cdot (21 - 14,5) = 60\,937,5$ g/kg ;
- soit 61 kg/h environ.

VI - FICHES D'HYPOTHÈSES SUR LES DIVERS TYPES DE LOCAUX



Valeurs usuelles – Les tableaux 6 à 12 qui suivent donnent des valeurs résultant de retour d'expérience et habituellement rencontrées sur les opérations. Elles ne peuvent être utilisées ou adaptées à un projet qu'en fonction des dispositions réglementaires en vigueur et du programme imposé pour l'opération.

Les tolérances sont exprimées en plus ou moins autour du point de consigne (exemple : tolérance ± 1 K).

L'éclairage est fonction du niveau d'éclairement à obtenir, de l'architecture d'intérieur, des dispositions fixées par la Réglementation thermique (RT 2000 et RT 2005).

Qs/Qt est la valeur qui permet de tracer la droite de soufflage sur le diagramme de l'air humide.

Tab. 6 – Bureaux et dépendances

Type de local	Mode de traitement	Conditions intérieures				Charges internes			Ventilation				Débit air climat. moyen m ³ /h par m ²	Os/Qt	Bruit NR	Observations	
		Hiver		Été		Occupant	Éclairage	Divers	Air neuf		Air extrait						
		to (°C)	HR (%)	to (°C)	HR (%)				m ³ /h par occupant	v/h	m ³ /h par occupant	v/h					
Bureaux	CVC	21 tolérance 1,5 K	35 à 60	25 tolérance 1,5 K	35 à 60	8 à 10 m ²	12 à 20	20 à 25 W/m ²	Environ 1,5	25	Environ 1,5	25	1	12 à 30	0,9 à 0,95	35	Surpression mini 0,5 v/h
Bureaux	CV	mini	NC	NC	NC	8 à 10 m ²	NC	NC	Environ 1,5	25	Environ 1,5	25	1			35	
Aire attente devant ascenseurs	CVC	21 tolérance 1,5 K	35 à 60	25 tolérance 1,5 K	35 à 60	7 m ²	12 à 20	Néant		25		Par sanitaire		10 mini		35	
Salles de réunions	CVC	21 tolérance 1,5 K	35 à 60	25 tolérance 1,5 K	35 à 60	2 m ²	12 à 20	Néant		30		30		25		30	
Hall principal	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	30	12 à 20	Néant	Mini 1 v/h	25		25				40	Surpression de 0,25 à 0,5 v/h
Cafétéria	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	1,5 m ²	12 à 20	Néant		30		30		30	0,6	40	Ext. machine à café : environ 1 000 m ³ /h
Local poste sécurité	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	Occupants	12 à 20	3 à 5 W/m ²		25		25				35	
Archives	CV	16 mini	NC	NC	NC	Variable	Néant	Néant	2				2			45 à 50	
Sanitaires	CV	19 mini	NC	NC	NC	Néant	Néant	Néant	Air venant par transfert autres locaux							45	

CV : chauffage ventilation, CVC : chauffage ventilation climatisation, V : ventilation, NC : non contrôlé.

Tab. 7 – Restauration

Type de local	Mode de traitement	Conditions intérieures				Charges internes			Ventilation				Débit air climat. moyen (m ³ /h par m ²)	Qs/Qt	Bruit NR	Observations	
		Hiver		Été		Occupant	Éclairage	Divers	Air neuf		Air extrait						
		to (°C)	HR (%)	to (°C)	HR (%)	m ³ /h par occupant	W/m ²	W	m ³ /h par occupant	v/h	par occupant	v/h					
Salle de restaurant (restaurant d'entreprise)	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	1,2	12 à 20	Néant	30		30		38	0,6 à 0,65	40		
Zone de distribution	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	5	12 à 20	Équipement cuisine			30		17	0,75	40		
Restauration rapide	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	1,2	12 à 20	Voir apports locaux	30		30		38	0,6 à 0,65	40		
Cafétéria	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	1,5	12 à 20	Néant	30		30		30	0,6	40	Ext. machine à café : environ 1 000 m ³ /h	
Zone de cuisson	CV CVC	mini 19 mini 19	NC inf. 70 %	NC inf. 28 %	NC inf. 70 %	Néant	Néant	Selon équipement cuisine	1) Hottes traditionnelles : 0,25 à 0,3 m/s sur surface libre entre bas de hotte et plan de cuisson 2) Hottes à induction ; en fonction dissipations calo. équip.							Dépression 0,85 à 0,90	
Laverie/plonge	CV CVC	mini 19 mini 19	NC inf. 70 %	NC inf. 28 %	NC inf. 70 %	Néant	Néant	Attention condens. MAL		20		25			50	MAL : machine à laver	
Locaux de préparation	Réfrigération variable selon local : de 10 à 14 °C, à voir avec lot cuisine	HR : NC				Néant	Néant	Apports environnement		4		4				45	
Local poubelles Réserves Condens. CF	Réfri. V V	10 15 mini 38 maxi	NC	10 NC 8 maxi	NC	Néant	Néant	Néant		4 2		4 2					

500 m³/h par kW dissipés (S et E) condenseurs CF refroidis par air
CV : chauffage ventilation, CVC : chauffage ventilation climatisation, V : ventilation, NC : non contrôlé.

Tab. 8 – Centre commercial

Type de local	Mode de traitement	Conditions intérieures				Charges internes			Ventilation			Débit air climat. moyen m³/h par m²	Os/Qt	Bruit NR	Observations
		Hiver		Été		Occupant par m²	Éclairage W/m²	Divers W	Air neuf		Air extrait v/h				
		to (°C)	HR (%)	to (°C)	HR (%)				m³/h par occupant	v/h					
Galeries marchandes	CVC	20 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	5	30	Néant	30	30	30	18	0,8	45	
Grandes surfaces de vente	CVC	20 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	5	60 à 80	Voir localement	30	3 à 8	30	28	0,85 à 0,9	45	
Petits commerces	CV CVC	19 20	NC NC	NC 25	NC NC	4 à 10	20 à 60	Voir localement	30		30			45	
Bar Salle de café	CV CVC	19 20	NC NC	NC 25	NC NC	2	Variable	À voir	30	3 à 5	30			45	
Réserves	V	15 mini	NC	NC	NC	Néant	Néant	Néant		2		5 à 6		NC	
Teintureries	CV	19	NC	NC	NC	10		À voir	45	20	45			40	

CV : chauffage ventilation, CVC : chauffage ventilation climatisation, V : ventilation, NC : non contrôlé.

Tab. 9 – Hôtels

Type de local	Mode de traitement	Conditions intérieures				Charges internes			Ventilation			Débit air climat. moyen (m³/h par m²)	Os/Qt	Bruit NR	Observations
		Hiver		Été		Occupant m² par occupant	Éclairage W/m²	Divers W	Air neuf		Air extrait v/h				
		to (°C)	HR (%)	to (°C)	HR (%)				m³/h par occupant	v/h					
Chambre	CV	19	NC	NC	NC	2 ou 3 occupants		Néant	25		25 par sanit.			30	
Chambre	CVC	21 tolérance 1,5 K	35 à 60	25 tolérance 1,5 K	35 à 60	2 ou 3 occupants	10 à 15	Néant	25		25 par sanit.			25 à 30	Grand standing AN de 50 à 60 m³/h.Ch
Hall accueil « lobby »	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	5 à 10 m²	20 à 60	Néant	30		30			45	
Salle à manger petit déjeuner	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	4	15	Néant	30		30			35 à 40	
Salon	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	3,5t	10 à 20	Néant	30		30			35	
Salles polyvalentes	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	1,2	15 à 25	Néant	30		30			30	

CV : chauffage ventilation, CVC : chauffage ventilation climatisation, V : ventilation, NC : non contrôlé.

Tab. 10 – Espace culturel ou de spectacle

Type de local	Mode de traitement	Conditions intérieures				Charges internes			Ventilation				Débit air climat. moyen (m³/h par m²)	Cs/Qt	Bruit NR	Observations
		Hiver		Été		Occupant	Éclairage	Divers	Air neuf		Air extrait					
		to (°C)	HR (%)	to (°C)	HR (%)				m³/h par occupant	v/h	m³/h par occupant	v/h				
Auditorium ou conférences (inf. à 500 p.)	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	1,2	25 à 40	Voir selon cas	18	18	18	18	32 à 38	0,8 à 0,75	30	Régie : extrac. indépendante env. 800m³/h
Salle de congrès (1 000 à 1 500 p.)	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	0,7 à 1 s	65	Voir selon cas	18	18	18	18	Peut aller à 84,5		30	Les dégagements calo. peuvent être importants
Salle de spectacles (500 à 2 500 p.)	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	24 tolérance 1,5 K	NC	1	Éclairage non pris en compte (dans air de reprise)		18	18	18	18	65 m³/h fauteuil		20 à 25	Diffusion air depuis pied fauteuil
Hall, foyer	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	4	302)	Néant	25	25	25	25			40	Suppression 0,25 à 0,50 v/h
Salle exposition	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	5	302)	À faire préciser	18	18	18	18	15 à 20	0,75 à 0,8	45	
Cabines de projection	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	25 tolérance 1,5 K	NC	1 à 2 occupants	20	À faire préciser	45	45	45	45			35	Extraction indépendante 500 à 800 m³/h
Régie	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	21 tolérance 1,5 K	NC	1 à 2 occupants	25	À faire préciser	45	45	45	45			30	
Loge d'artiste	CVC	21 tolérance 1,5 K	NC	21 tolérance 1,5 K	NC	12	25	Néant	25	25	25	25			35	

CV : chauffage ventilation, CVC : chauffage ventilation climatisation, V : ventilation, NC : non contrôlé.

Tab. 11 – Locaux divers

Type de local	Mode de traitement		Conditions intérieures				Charges internes			Ventilation				Débit air climat. moyen m ³ /h par m ²	Gs/Qt	Bruit NR	Observations
	Hiver		Été		Occupant	Éclairage	Divers	Air neuf		Air extrait							
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)				m ³ /h par occupant	v/h	m ³ /h par occupant	v/h						
Salle informatique	21 tolérance 1 K	50 tolérance 50 %	21 tolérance 1 K	50 tolérance 50 %	30 à 40	15 à 20	400 à 500 W/m ²	25	Mini 2	25	Mini 1 à 1,5	Taux de brassage : maxi 70 v/h Hauteur vide faux pr : mu 500 mm Température de souff. faux pr : 16 °C					
Piscines	27	Inf. ou égal 65 %	NC	NC	Voir plus loin	Néant	Néant	0,66 occupant/m ² de bassin maxi inst 1 p/m ² AN : 22 m ³ /h/sportif et 18 m ³ /h/spectateur Vestiaires : + 23 °C et AN 15 à 20 m ³ /h/m ²	25 (sport.) 18 (spect.)	3	25 (sport.) 18 (spect.)	3	Douches : 26 °C				
Pâtinoires	12	60 %	12	60 %	4 m ² de piste	Néant	Néant	25 (sport.) 18 (spect.)	3	25 (sport.) 18 (spect.)	3	12 °C sur gradins et circulations		Néant	Néant	40 à 50	

CV : chauffage ventilation, CVC : chauffage ventilation climatisation, V : ventilation, NC : non contrôlé.

Tab. 12 – Locaux techniques

Type de local	Mode de traitement		Conditions intérieures				Charges internes			Ventilation				Débit air climat. moyen m ³ /h par m ²	Gs/Qt	Bruit NR	Observations
	Hiver		Été		Occupant	Éclairage	Divers	Air neuf		Air extrait							
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)				m ³ /h par occupant	v/h	m ³ /h par occupant	v/h						
Sous-station CPCU	Inférieur ou égal à 30 °C par 15 °C à l'extérieur (arrêté du 23/06/78)	NC	NC	NC	La dissipation calorifique dans la sous-station est de l'ordre de 10 à 15 kW pour 1 000 kW installés	20 à 25	20 à 25	20 à 25	20 à 25	Néant		Néant		Néant			
Local groupes de refroidissement	Mini 5	NC	NC	NC	Néant	Néant	Néant	Selon la charge de fluide frigorigène (norme NF E 35400)		Néant		Néant		Néant			Tout air neuf
Locaux électriques 5G	Mini 10	NC	Inférieur à 40	NC	Néant	Néant	Néant	À préciser par électricien		500 m ³ /h par kW dissipé		Néant		Néant			Pertes transfo. 1 à 2 % environ
Salle de groupes électrogènes	Mini 10	NC	NC	NC	Néant	Néant	Néant	Selon puissance groupes		45 m ³ par kVA (combustion et ventilation local) 75 m ³ par kVA (combustion, ventilation local et refroidissement GE)		Néant		Néant			Tout air neuf
Local batteries	Mini 15	NC	NC	NC	Néant	Néant	Néant	Néant		12		Néant		Néant			
Machineries ascenseurs	Mini 5	NC	NC	NC	Néant	Néant	Néant	À préciser par ascensoriste		Selon dégagement dissipé		Néant		Néant			Tout air neuf
Local des boîtes à graisses	NC	NC	NC	NC	Néant	Néant	Néant	Néant		20		Néant		Néant			Pour cuisines de restaurant

CV : chauffage ventilation, CVC : chauffage ventilation climatisation, V : ventilation, NC : non contrôlé.

3 Bilans au niveau d'un local ou d'un groupe de locaux

I - DÉMARCHÉ

Principe – Le bilan thermique au niveau d'un local ou d'un groupe de locaux consiste à examiner heure par heure pour un mois considéré les charges thermiques cumulées des différentes sources d'apports énoncés ci-avant. La recherche de l'heure maxi (et du mois) se fait dans le cas d'un calcul manuel par approches successives qui peuvent être fastidieuses. Aussi, le recours aux logiciels de calcul facilite la tâche en permettant des résultats précis et étendus.



Les charges au niveau d'un local – Elles se font par cumul des différents apports (extérieurs et internes) pour le mois et les heures où se situe le maximum de charges, en distinguant les charges sensibles des charges latentes. Le résultat permet de sélectionner la batterie de refroidissement. Le tableau 1 et la figure 1 permettent d'approcher l'heure approximative du maximum des apports solaires ; le calcul sera malgré tout réalisé une heure avant et une heure après ce maxi.



La grille-type de calculs présentée au tableau 2 permet de suivre le déroulement des différents échanges thermiques.

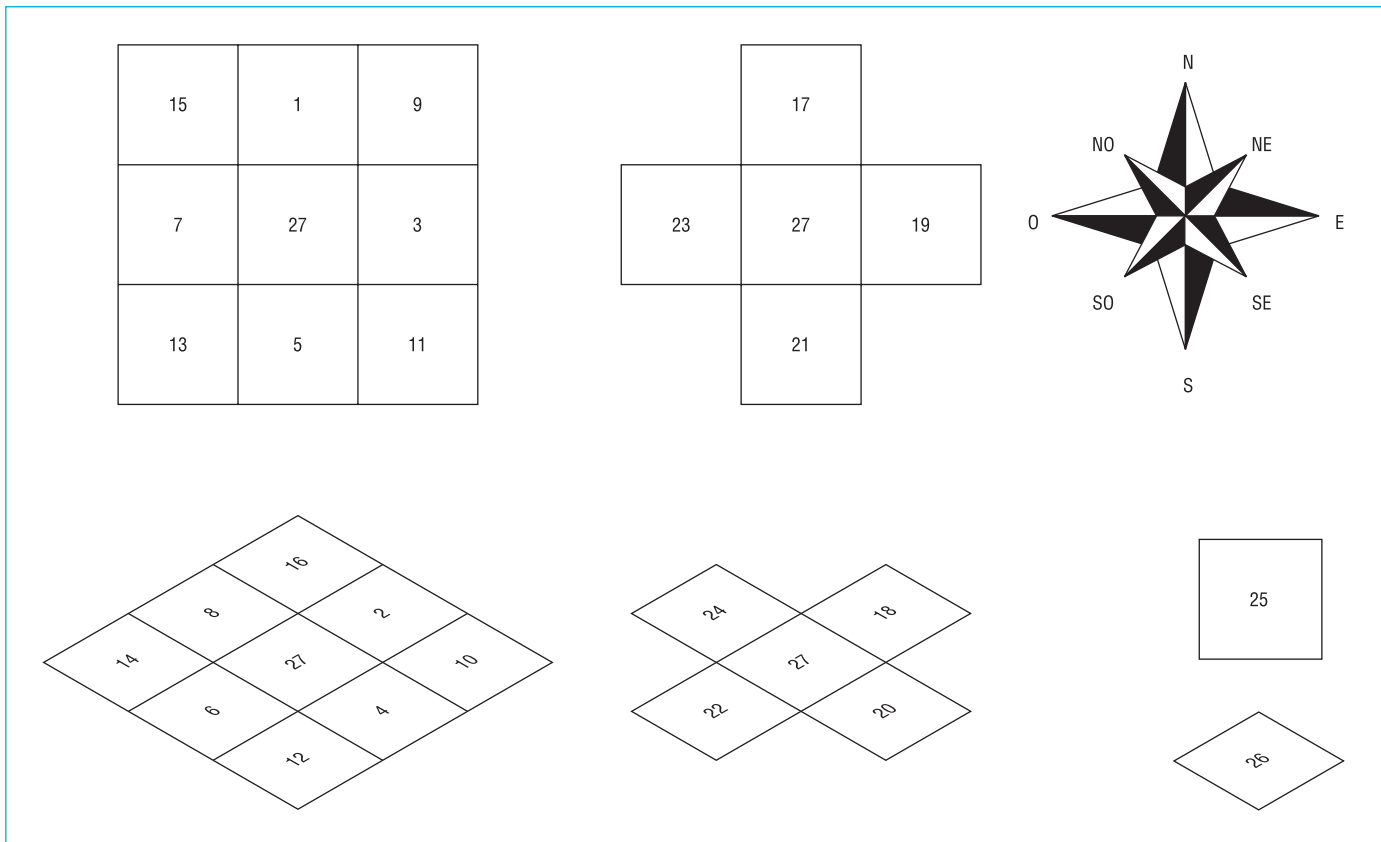


Fig. 1 : Localisation des locaux pris en compte dans le tableau 1 (© ETI).

Tab. 1 – Détermination de l'heure approximative des apports maximaux

Numéro du local	Nombre de murs exposés	Murs exposés (orientations)				Fenêtre			
						Avec rideaux		Sans rideaux	
						Étage courant	Dernier étage	Étage courant	Dernier étage
1	1	N				14			14
2	1	NE				8	14	8	14
3	1	E				8	14	8	14
4	1	SE				9	14	9	14
5	1	S				12	13	12	14
6	1	SO				15	14	15	14
7	1	O				16	15	16	15
8	1	NO				16	16	16	15
9	2	N	E			8	14	9	14
10	2	NE	SE			8	14	9	14
11	2	E	S			8	13	10	13
12	2	SE	SO			15	14	15	14
13	2	S	O			16	15	16	15
14	2	SO	NO			16	15	16	15
15	2	O	N			16	15	16	15
16	2	NO	NE			16	15	16	15
17	3	O	N	E		16	15	16	15
18	3	NO	NE	SE		16	15	16	15
19	3	N	E	S		8	13	10	14
20	3	NE	SE	SO		8	15	15	14
21	3	E	S	O		16	15	16	15
22	3	SE	SO	NO		16	15	16	15
23	3	S	O	N	E	16	15	16	15
24	3	SO	NO	NE	SE	8	15	16	15
25	4	S	O	N	E	16	15	16	15
26	4	SO	NO	NE	SE	16	15	16	15
27	Toit, verrière					Toit	14	Verrière	12

Exemple



Soit une zone de bureau de 170 m² environ située en étage d'un immeuble de quatre étages, sous terrasse, implanté selon la figure 2. Les conditions sont les suivantes :

- latitude 50° nord ;
- conditions extérieures : température : + 30 °C, humidité relative : 40 % ;
- conditions intérieures : température : + 25 °C, humidité relative : inférieure à 60 % ;
- coefficient de transmission U de parois :
 - menuiseries extérieures vitrées (DV) : U = 2,8 W/m².K ;
 - murs extérieurs opaques, couleur moyenne : U = 0,5 W/m².K ;
 - terrasses ensoleillées : U = 0,5 W/m².K ;
- poids de mur au m² : 300 kg ;

- poids de terrasse au m² : 400 kg ;
- protection solaire vitrage : Planilux + Antélio (DV) argent, Fs = 0,59, C = 0,67 ;
- store intérieur genre Sunscreen : 0,67 ;
- apports intérieurs :
 - occupants : 1 personne / 6 m² utile (bureaux), 1 personne / 2 m² utile (salles de réunion) ;
 - éclairage : 10 W/m² utiles fluorescent compris ballast ;
 - micro-informatique : 25 W/ m² utile ;
- air neuf : 25 m³/h par personne (bureaux), 30 m³/h par personne (salles de réunion) ;
- surpression : 0,5 volume/heure.

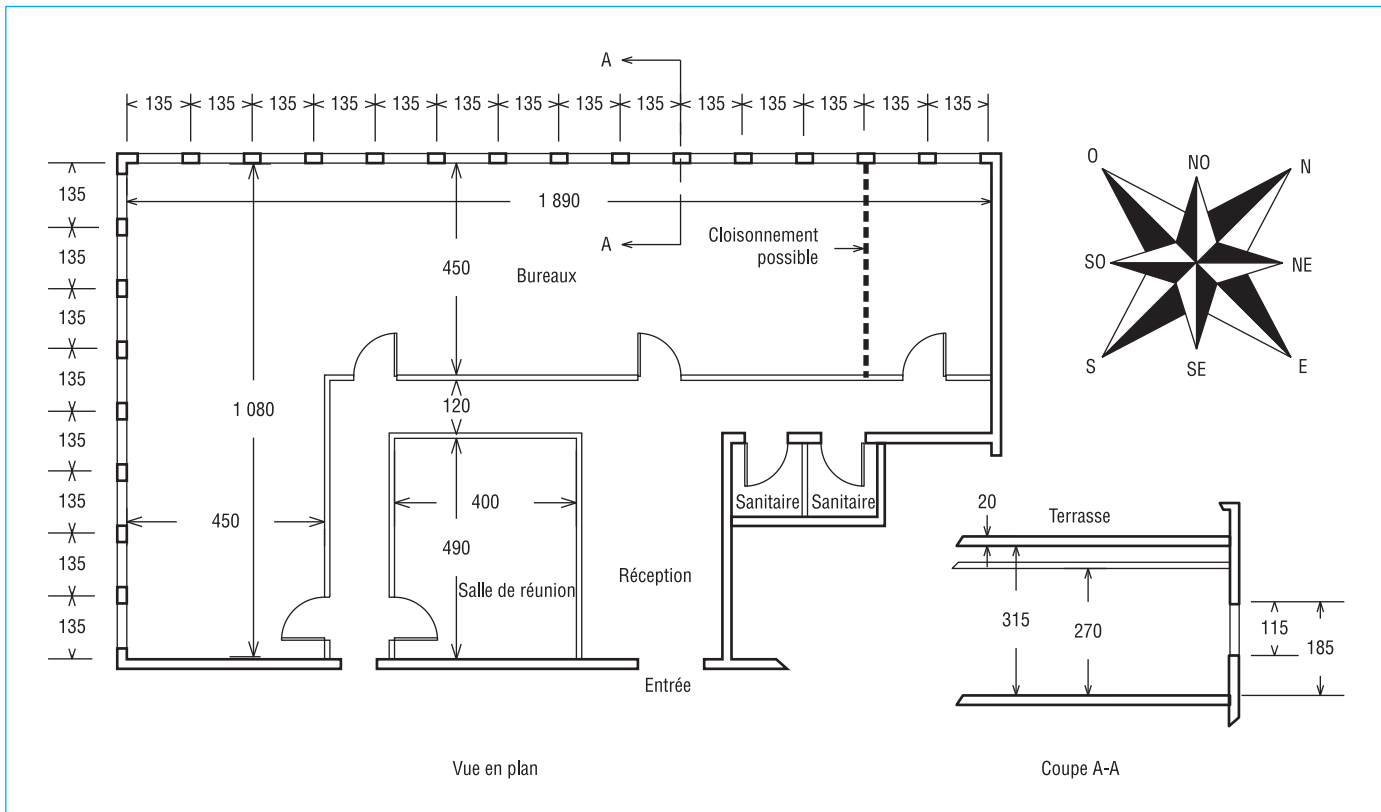


Fig. 2 : Exemple pour calcul de bilan thermique d'été. (© ETI).

Tab. 2 – Récapitulatif des charges calorifiques d'été (grille-type)

Heures solaires		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Vitrages Orientation : NO juillet 50° N	W/m ²											
	S m ²											
	Fs ou C											
	Store											
	(1) total											
Orientation : NO juillet 50° N	W/m ²											
	S m ²											
	Fs ou C											
	Store											
	(2) total											
2. Transmission	U W/m ² .K											
	S m ²											
	Δt K											
	(3) total											

LES BILANS THERMIQUES D'ÉTÉ ET D'HIVER

(Suite)

Heures solaires		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3. Parois opaques paroi verticale orientation : NO	U W/m ² .K											
	A m ²											
	Δte K											
	(4) total											
• paroi verticale orientation : NO	U W/m ² .K											
	A m ²											
	Δte K											
	(5) total											
• paroi horizontale : terrasse	U W/m ² .K											
	A m ²											
	Δte K											
	(6) total											
4. Apports internes : occupants	Nombre											
	Qs W/occupant											
	QI W/occupant											
	(7) total Qs W											
	(8) total QI W											
5. Apports éclairage	W/m ²											
	S m ²											
	(9) total											
6. Apports micro-informatique (ou autres)	W/m ²											
	S m ²											
	(10) total											
7. Air neuf : renouvellement et infiltration	Débit kg/h											
	Qs W/kg											
	(11) total											
	QI W/kg											
	(12) total											
Total charges sensibles Qs : 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 9 + 10 + 11 : W												
Total charges latentes : QI : 8 + 12 : W												
Total des charges Qs + QI : W												

Toute reproduction sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie est strictement interdite. - © Editions T.I.



Établir le calcul des charges thermiques maximales d'été –

L'heure approximative des apports maxi est fixé par le tableau 2, façades NO et SO sous terrasse, soit n° de local : 14, l'heure correspondante est 15 heures solaires ; le calcul sera effectué à 14 h, 15 h, 16 h. Le mois pris en compte sera juillet (plus grande proportion de vitrages au NO). Néanmoins et si nécessaire, un calcul complémentaire pourra être fait en août. Voir les calculs de l'exemple sur le tableau 3.



Pour l'air neuf, les valeurs de Qs et Qt sont relevées sur le diagramme de l'air humide.

Les résultats de calcul font apparaître des charges maximales à 16 heures solaires, soit de 16 315 W en chaleur sensible et de 16 315 + 2 270 = 18 585 W en chaleur totale.

Tab. 3 – Récapitulatif des charges calorifiques d'été (exemple)

Heures solaires		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Vitrages Orientation : NO juillet 50° N	W/m ²							52	154	304		
	S m ²							29,8	29,8	29,8		
	Fs ou C							0,67	0,67	0,67		
	Store							0,67	0,67	0,67		
	(1) total							695	2 060	4 065		
Orientation : NO juillet 50° N	W/m ²							475	500	469		
	S m ²							17	17	17		
	Fs ou C							0,67	0,67	0,67		
	Store							0,67	0,67	0,67		
	(2) total							3 625	3 815	3 580		
2. Transmission	U W/m ² .K							2,8	2,8	2,8		
	S m ²							46,8	46,8	46,8		
	ΔtK							5	5	5		
	(3) total							655	655	655		
3. Parois opaques paroi verticale orientation : NO	U W/m ² .K							0,5	0,5	0,5		
	A m ²							29,7	29,7	29,7		
	Δte K							0,95	2	3,2		
	(4) total							15	30	45		
• paroi verticale orientation : NO	U W/m ² .K							0,5	0,5	0,5		
	A m ²							17	17	17		
	Δte K							3,2	9,15	13,3		
	(5) total							30	75	115		
• paroi horizontale : terrasse	U W/m ² .K							0,5	0,5	0,5		
	A m ²							171	171	171		
	Δte K							7,6	8,8	10,7		
	(6) total							650	750	915		
4. Apports internes : occupants	Nombre							25	25	25		
	Qs W/occupant							72	72	72		
	QI W/occupant							78	78	78		
	(7) total Qs W							1 800	1 800	1 800		
	(8) total QI W							1 950	1 950	1 950		

(Suite)

Heures solaires		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5. Apports éclairage	W/m ²							10	10	10		
	S m ²							171	171	171		
	(9) total							1 710	1 710	1 710		
6. Apports micro-informatique (ou autres)	W/m ²							25	25	25		
	S m ²							85	85	85		
	(10) total							2 125	2 125	2 125		
7. Air neuf : renouvellement et infiltration	Débit kg/h							790	790	790		
	Qs W/kg							1,65	1,65	1,65		
	(11) total							1 305	1 305	1 305		
	QI W/kg							0,4	0,4	0,4		
	(12) total							320	320	320		
Total charges sensibles Qs : 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 9 + 10 + 11 : W								12 610	14 325	16 315		
Total charges latentes : QI : 8 + 12 : W								2 270	2 270	2 270		
Total des charges Qs + QI : W								14 880	16 595	18 585		

Les charges au niveau d'un ensemble de locaux, d'un immeuble – Les calculs des charges sont réalisés en effectuant :

- un calcul local par local (nécessaire pour la détermination des unités terminales) ;
- un calcul global pour l'ensemble des locaux (de sous-ensembles ou d'un immeuble), avec recherche du mois et de l'heure du maxi des charges solaires, en incluant les coefficients de foisonnement (éclairage, occupation, micro-informatique), l'air

neuf ; ce calcul conduit à la détermination de la puissance globale de réfrigération. Il est ajouté les pertes de l'installation qui sont prises entre 5 et 10 % dans la pratique.

L'ensemble de ces calculs est mené à partir de logiciels en raison de leur complexité.

À titre indicatif, pour un immeuble à usage de bureaux (surface SHON supérieure à 5 000 m²), la puissance de réfrigération est de l'ordre de 60 à 70 W/m² compris les dépendances climatisées telles que restaurant, hall, salle de conférence...

4 Calcul du débit d'air dans un local donné

I - DÉMARCHÉ

Débit d'air soufflé – Le calcul du débit d'air soufflé dans un local climatisé est défini par la relation :

$$D = \frac{Q_s}{0,34 \times \Delta t}$$

Où :

- D = Débit en m³/h ;
- Q_s = apports de chaleur sensible ;
- 0,34 = chaleur spécifique de l'air sec W/m³.K ;
- Δt = écart de température entre température du local et température de soufflage K ; ce Δt est généralement compris entre 3 K (système à déplacement d'air) et 12 K (système de diffusion d'air dit par induction, mélange ou dilution).

La détermination de ce débit étant faite, il y a lieu de vérifier le taux de brassage, qui est obtenu par la relation :

$$\text{Taux de brassage} = \frac{D}{\text{Volume du local}}$$

Où :

- Taux de brassage = nombre de volumes/heure.
- Volume du local en m³.
- D = débit air soufflé en m³/h.

Ce taux de brassage, pour des systèmes de diffusion d'air habituels par mélange ou dilution, doit demeurer normalement inférieur à 15 volumes/heure, ceci afin d'éviter les courants d'air dans le local. Ces points seront développés plus en détail dans les chapitres suivants sur les différents principes de diffusion de l'air.



Remarque

Dans le cas de locaux avec dégagements de forts taux d'humidité, le calcul sera effectué en prenant en compte la différence des humidités spécifiques entre air ambiant et air soufflé (w). Dans un ordre d'idée, le calcul pourra être fait par la différence des enthalpies (ambiance-air soufflé).



Si l'on reprend l'exemple du chapitre précédent et les données indiquées, en créant un bureau de deux modules de 1,35 m (bureau de 2,7 × 4,5 m, volume 33 m³ environ) exposé au sud-ouest (le tableau 1 du chapitre 3 indique l'heure approximative du maxi à 15 h), il s'ensuit les apports récapitulés au tableau 1 ci-dessous.

Si l'on admet un écart au soufflage de 10 K (selon le type de diffuseur retenu), ambiance à + 25 °C et température de soufflage de 15 °C, le débit de soufflage sera de :

$$\frac{1\,530}{0,34 \times 10} = 450 \text{ m}^3/\text{h environ}$$

Le taux de brassage correspondant sera le suivant : 450 / 33 = 13,6 volumes/heure.

Tab. 1 – Récapitulation des apports – Calculs arrondis

Origine des apports	Apports en W
Vitrages	905
Conduction	60
Parois opaques (mur et terrasse)	55
Occupants (2)	145
Éclairage (5 W/m ²)	60
Bureautique	305
Total des apports sensibles (Q _s)	1 530

Débit d'air repris ou extrait – Le débit d'air repris (ou extrait) est soit celui correspondant au débit de soufflage, soit diminué du taux de surpression (ou augmenté du taux de dépression) admis dans le local.

5 Bilans thermiques d'hiver

Les règles de calcul thermique – Les bilans thermiques d'hiver sont réalisés à partir des bases fixées par des règles de calcul thermique :

- règles Th Bât (Th U caractéristiques thermiques utiles des parois de construction...);
- DTU Règles Th K (pour mémoire) ;
- DTU Règles Th D - Calculs des déperditions de base (appelé à être remplacé par la norme européenne) ;
- norme NF EN 12831 (P52-612) de mars 2004 - Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthodes de calcul des déperditions calorifiques de base ;

- recommandation AICVF 01-2003 Chauffage : déperditions de base.



Remarque

En hiver, on effectue les calculs dans l'hypothèse la plus défavorable qui consiste à supposer que l'écart de température entre température extérieure et température intérieure est constant (régime permanent) ; il n'est pas pris en compte l'incidence des apports, qu'ils soient extérieurs ou intérieurs.

La température de soufflage – En ce qui concerne les températures de soufflage, et dans le cas de confort dans le tertiaire, on se limitera en hiver à des élévations de température n'excédant pas 15 à 20 K environ (soit, dans le cas des locaux dont la température de base est de + 20 °C, une température de soufflage inférieure à + 40 °C).

GAGNEZ DU TEMPS ET SÉCURISEZ VOS PROJETS EN UTILISANT UNE SOURCE ACTUALISÉE ET FIABLE

Techniques de l'Ingénieur propose la plus importante collection documentaire technique et scientifique en français !

Grâce à vos droits d'accès, retrouvez l'ensemble des **articles et fiches pratiques de votre offre, leurs compléments et mises à jour,** et bénéficiez des **services inclus.**



RÉDIGÉE ET VALIDÉE
PAR DES EXPERTS



MISE À JOUR
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE
SUR TOUS SUPPORTS
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS
DANS CHAQUE OFFRE

- **+ de 350 000 utilisateurs**
- **+ de 10 000 articles de référence**
- **+ de 80 offres**
- **15 domaines d'expertise**

- Automatique - Robotique
- Biomédical - Pharma
- Construction et travaux publics
- Électronique - Photonique
- Énergies
- Environnement - Sécurité
- Génie industriel
- Ingénierie des transports
- Innovation
- Matériaux
- Mécanique
- Mesures - Analyses
- Procédés chimie - Bio - Agro
- Sciences fondamentales
- Technologies de l'information

**Pour des offres toujours plus adaptées à votre métier,
découvrez les offres dédiées à votre secteur d'activité**

Depuis plus de 70 ans, Techniques de l'Ingénieur est la source d'informations de référence des bureaux d'études, de la R&D et de l'innovation.

www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com

LES AVANTAGES ET SERVICES compris dans les offres Techniques de l'Ingénieur

ACCÈS



Accès illimité aux articles en HTML

Enrichis et mis à jour pendant toute la durée de la souscription



Téléchargement des articles au format PDF

Pour un usage en toute liberté



Consultation sur tous les supports numériques

Des contenus optimisés pour ordinateurs, tablettes et mobiles

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



Questions aux experts*

Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent



Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre



Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand



Archives

Technologies anciennes et versions antérieures des articles



Impression à la demande

Commandez les éditions papier de vos ressources documentaires



Alertes actualisations

Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

ILS NOUS FONT CONFIANCE



www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com