

ET12/27

Confort d'été et réglementation thermique

Partie 1 : analyse du calcul de la Tic et propositions d'amélioration

Collectif Isolons la Terre contre le CO2

Rapport

Membre fondateur de



Direction	Nathalie TCHANG	Date	26/06/2012
Chef de projet	Simon BARRET	N°version	1
Chargés d'études	Patrick FONTINHA	Phase	-
Diffusion	CILT		

60 RUE DU FAUBOURG POISSONNIÈRE 75010 PARIS

TEL : 01 43 15 00 06 FAX : 01 45 23 32 40 MAIL : mail@tribu-energie.fr

SITE WEB: www.tribu-energie.fr

SARL AU CAPITAL DE 8000 € SIÈGE SOCIAL : 60 RUE DU FAUBOURG POISSONNIÈRE 75010 PARIS APE 742 C RCS PARIS B 440 306 173

SOMMAIRE

1	PREAMBULE	4
1.1	Contexte	4
1.2	Objectifs	4
2	DEFINITION TIC ET TIC_{REF}	5
2.1	Définition selon arrêté du 26 octobre 2010	5
2.2	Valorisations possibles dans le cadre du calcul RT2012 actuel	6
2.3	Points éventuels d'amélioration	7
3	LA METHODE DE CALCUL DE LA TIC SUIVANT LES REGLES THBCE	8
3.1	La température opérative	8
3.2	Correctif dû aux effets séquentiels	9
3.3	Autres paramètres pris en compte	10
3.3.1.	Gestion de l'ouverture des baies dans la Th-BCE :	10
3.3.2.	Débites par surventilation naturelle :	14
3.3.3.	Gestion des protections Mobiles :	15
3.3.4.	Occupation : calcul du nombre d'adultes équivalents :	17
3.3.5.	Scénarios conventionnels :	18
3.3.6.	Apports	21
4	CONCLUSIONS	23

1 Préambule

1.1 Contexte

Les nouveaux bâtiments type BBC ou RT2012 ont la particularité d'avoir une isolation thermique importante et au sens de la réglementation thermique, le coefficient moyen de déperdition devient très faible. Les exigences sur la perméabilité à l'air sont quant à elles bien plus strictes que celles des précédentes réglementations. Au final, dans cette configuration, les bâtiments sont efficaces en thermiques d'hiver car ils permettent de valoriser rapidement des apports solaires. Toutefois, cela peut s'avérer être un inconvénient en période chaude d'été : le bâtiment étant bien isolé, il pourrait retenir une température intérieure élevée, et du fait de son « hyper isolation », celui-ci pourrait ne pas décharger son énergie accumulée en journée pendant la nuit, lorsque la température extérieure est plus faible qu'en journée.

Pour résumer, là où un bâtiment type RT2005 peut profiter de sa « faiblesse » d'isolation thermique pour évacuer son énergie accumulée en journée durant la nuit, un bâtiment type BBC ou RT2012 aura plus de difficultés à évacuer cette énergie.

L'exigence traitant du confort d'été de la Réglementation Thermique 2012 devra prendre en compte cette aptitude des bâtiments fortement isolés à générer des problématiques accrues d'inconfort d'été.

1.2 Objectifs

L'objectif de ce rapport est d'analyser la façon dont les calculs de confort d'été s'effectuent dans la réglementation Thermique actuelle (indicateurs Tic et Ticréf) et de proposer des points de vigilance (notamment sur les hypothèses et les scénarios d'occupation) sur lesquels une attention particulière devra être portée lors de l'établissement d'un nouvel indicateur de confort d'été.

2 Définition Tic et Tic_{réf}

2.1 Définition selon arrêté du 26 octobre 2010

La température intérieure conventionnelle de référence atteinte en été, notée Tic_{réf}, est la valeur maximale horaire en période d'occupation de la température opérative, calculée pour le bâtiment de référence. Pour le secteur résidentiel, la période d'occupation considérée est la journée entière. Elle est calculée en adoptant des données climatiques conventionnelles pour chaque zone climatique.

La Tic_{réf} est calculée, pour le bâtiment de référence, selon la méthode de calcul Th-BCE 2012 approuvée par un arrêté du ministre chargé de la construction et de l'habitation.

Les caractéristiques du bâtiment de référence sont celles utilisées pour le calcul du Bbio du projet de bâtiment, à l'exception des caractéristiques suivantes :

- les **masques proches de référence sont nuls** ;
- l'**inertie quotidienne** de référence est une inertie **moyenne** au sens de la méthode de calcul Th-BCE 2012 ;
- l'**inertie séquentielle** de référence est une inertie **très légère** au sens de la méthode de calcul Th-BCE 2012;
- pour les locaux à **usage d'habitation** de catégorie **CE1** situés en zone de bruit **BR3**, la référence est un logement traversant au sens de la RT ;
- la gestion des **protections mobiles et des ouvertures de baies** pour le confort thermique est prise en référence en **fonctionnement manuel** tel que décrit dans la méthode Th-BCE 2012 ;
- le **facteur solaire de référence pour les parois opaques** et les liaisons périphériques est de **0,02** ;
- le **facteur de transmission lumineuse** de référence est pris égal au facteur solaire de référence (0,02 pour les parois opaques) ;
- le **facteur** solaire de référence des baies est défini dans le tableau de l'arrêté du 26 octobre 2010, en fonction de leur exposition au bruit, de leur orientation et de leur inclinaison ainsi que de la zone climatique et de l'altitude.

NB : Pour les baies équipées de protections mobiles, le facteur solaire présent sur le tableau correspond au facteur solaire et au taux de transmission lumineuse de la baie protection mise en place. *Dans ce cas, le facteur solaire de la baie et le taux de transmission lumineuse protection non mise en place sont ceux du projet.*

De plus pour le calcul de la Tic les protections solaires mobiles sont considérés comme entièrement descendues: « Pour évaluer le confort d'été, les premières protections mobiles sont supposées entièrement descendues en occupation comme en inoccupation (sauf si le taux de transmission lumineuse des baies avec volets ou stores enroulables est trop faible et nécessite que certaines protections mobiles soient relevées pour le confort visuel). » (p285 ; Th-BCE).

Le calcul de la Tic est mené sur 4 semaines consécutives (28 jours) en commençant le lundi 4 juin avec une température de masse de 26°C. En usage d'habitation, on retient les résultats du 7^{ème} jour (dimanche) de la 4^{ème} semaine (en bâtiment à usage d'habitation). (règles ThBCE, page 1161)

2.2 Valorisations possibles dans le cadre du calcul RT2012 actuel

La prise en compte de paramètres de référence sur la température intérieure conventionnelle de référence permet donc de valoriser certains points :

- Prise en compte d'une inertie qui peut être différente que celle de la référence
- Le caractère traversant du bâtiment (sauf pour les locaux CE1 d'habitation en Br3 qui seront comparés à une référence également traversante)
- L'efficacité des protections solaires, dont les facteurs solaires correspondant peuvent différer de ceux de référence
- La gestion de l'ouverture des fenêtres qui peut être optimisée par rapport à celle de référence (qui est une gestion manuelle)
- La présence éventuelle de masques proches
- La surventilation nocturne

La manière dont sont utilisés les autres paramètres pour le calcul du confort d'été de référence, n'est pas précisé ; il sont donc identiques à ceux du projet.

Bâtiment du projet



- Une géométrie
- Composants et équipements du projet
- Une certaine exposition au bruit

Bâtiment de référence



- **Même** géométrie
- **Inertie de référence**
- **Protections solaires de référence** (fenêtres + parois opaques) définis dans l'arrêté
- un caractère **non traversant**, sauf pour un cas particulier (habitation CE1 Br3)

2.3 Points éventuels d'amélioration

Cette 1ere étude de la définition de la Tic et de la Ticréf laisse quelques interrogations sans réponses :

- si la gestion des ouvertures de fenêtres et des protections solaires est manuelle en référence, cela sous entend que le calcul de la Tic du projet peut être fait avec une gestion automatique si le projet en est muni. Or les tests menés montrent que **la Tic est indépendante du système de gestion des protections solaires, alors qu'il est dépendant de la gestion des ouvertures de fenêtres** (pour les projets qui en sont munis évidemment)

- cela semble être **contradictoire** avec les règles Th-BCE où il est clairement stipulé que le calcul s'effectue avec « protections mobiles sont supposées entièrement descendues en occupation comme en inoccupation (sauf si le taux de transmission lumineuse des baies avec volets ou stores enroulables est trop faible et nécessite que certaines protections mobiles soient relevées pour le confort visuel). ». **Cela suppose une gestion des ouvertures des protections solaires en fonction de l'éclairement intérieur.** Y a-t-il gestion ou non ? et si oui, se fait elle uniquement en fonction de l'éclairement ou peut elle se faire en fonction d'autres indicateurs ?

- il est indiqué (ThBCE, page 1161) que « le calcul est mené sur 4 semaines consécutives en commençant le lundi 4 juin avec une température initiale de masse de 26 °C. En usage d'habitation, on retient les résultats du 7e jour (dimanche) de la 4ème semaine et pour les autres cas du 5e jour (vendredi) de la 4ème semaine. Pour l'enseignement la quatrième semaine est supposée en période scolaire ». **Cela signifie que la Tic et la Ticréf représente le maximum atteint sur une journée d'occupation dont rien ne dit si elle correspond à un pic de chaleur ou non.** Cela ne constitue pas un problème si l'on se borne à faire une comparaison entre Tic et Ticréf (calculées avec la même météo), mais on s'éloigne alors de la notion de confort d'été.

- par ailleurs, une journée chaude de référence a été définie « en considérant qu'il s'agit la journée la plus froide parmi les cinq plus chaudes de l'année pour un site donné » (règles ThBCE, page 1161). La météo de cette journée est d'ailleurs précisée par département en termes par exemple d'écart de température par rapport à la moyenne mensuelle (°C), de température quotidienne moyenne (°C), d'écart (demi amplitude) quotidien (°C), et d'humidité quotidienne moyenne. (g/kg d'air sec). Ces données sont corrigées heure par heure, selon une clé de répartition donnée dans les règles ThBCE, page 1163, et selon d'autres indicateurs (distance à la mer, altitude, etc...). **Toutefois, il n'est pas précisé quel calcul est fait sur cette journée chaude de référence.** S'agit-il de la dernière journée de la période de 4 semaines définie précédemment ? mais dans ce cas quel intérêt de ne pas conserver le fichier météo existant ? ou bien s'agit il d'une journée servant à calculer la Tic réf (d'où le mot « de référence »), mais cela correspondrait à calculer des températures Tic et Ticref avec des météo potentiellement très différentes.

3 La méthode de calcul de la Tic suivant les règles ThBCE

La température intérieure de **confort horaire Tic(h)** est déterminée à chaque pas de temps pour toute la journée. Il s'agit de la **température opérative** horaire à laquelle est **soustraite le correctif dû aux effets séquentiels DTI** (*Th-BCE ; p1160*).

$$Tic(h) = \theta_{op} - DTI$$

Tic(h) = confort horaire

θ_0 = température opérative

DTI = correctif dû aux effets séquentiels

3.1 La température opérative

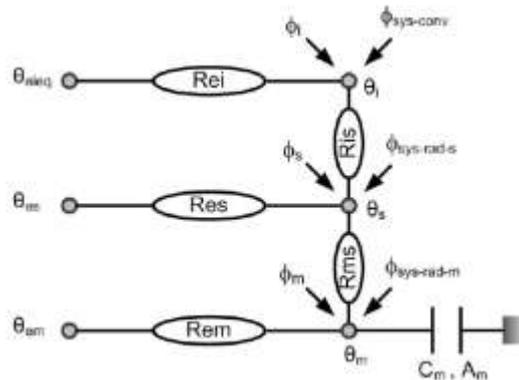
Un groupe correspond à un local ou un ensemble de locaux dont la température et l'humidité de l'air y sont considérés comme homogènes.

Le comportement thermique du groupe est défini par un modèle dynamique au pas de temps horaire, avec simplification des transferts thermique entre intérieur et extérieur. Il est présenté sous forme d'un réseau RC.

Celui-ci permet entre-autre de calculer des températures intérieures (air, opérative, radiante moyenne ...)

Il prend en compte :

- Les échanges thermiques avec extérieur (enveloppe, ventilation)
- Les apports solaires
- Les apports internes (occupants, équipements)



θ_{eieq} = température équivalente de l'air entrant dans le groupe en provenance de l'extérieur ou d'autres groupes

θ_i = température de l'air intérieur

Φ_i = Flux de chaleur **convectif** au nœud d'air θ_i dû aux apports internes (hors occupants), aux occupants, à l'éclairage, récupérations sur les systèmes et flux solaires F_{s1} et F_{s3} (courte longueur d'onde et lame d'air intérieur ventilée)

θ_{es} = température extérieure équivalente des baies

θ_s = température moyenne de la température de l'air et la température radiante moyenne pondérées par les coefficients d'échanges convectifs et radiatifs aux parois (prise en compte du flux solaire F_{s2} longue longueur d'onde)

Φ_s = Flux de chaleur **radiatif** au nœud d'air θ_s dû aux apports internes (hors occupants), aux occupants, à l'éclairage, récupérations sur les systèmes et flux solaire direct F_{s1}

θ_{em} = température extérieure équivalente des parois opaques

θ_m = température de masse

Φ_m = Flux de chaleur **radiatif** au nœud d'air θ_m dû aux apports internes (hors occupants), aux occupants, à l'éclairage, récupérations sur les systèmes et flux solaire direct F_{s1}

C_m = capacité thermique quotidienne = inertie thermique quotidienne

A_m = Surface d'échange entre parois opaques et ambiance

La température opérative correspondant à la température ressentie par les occupants est définie par :

$$\theta_{op} = P_{top} \cdot \theta_s + (1 - P_{top}) \cdot \theta_i$$

P_{top} = coefficient adimensionnel défini ci-dessous (constant)

La température opérative correspond donc à une moyenne entre la température de l'air et la température radiante moyenne.

Avec :

$$P_{top} = 0,5 \cdot (1 + h_{ci}/h_{rs})$$

Avec : $h_{rs} = 1,2 \cdot h_{ri}$

h_{ci} = coefficient d'échange convectif intérieur (conventionnellement : $h_{ci} = 2,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

h_{ri} = coefficient d'échange radiatif intérieur (conventionnellement : $h_{ri} = 5,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

h_{rs} = coefficient d'échange radiatif corrigé

3.2 Correctif dû aux effets séquentiels

$$DTI = 0,75 \cdot E_{seq} \left(1 - \left[\frac{(1 + 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot C_{TP}^2 \cdot (1 - BI)^2)}{1 + 4,76 \cdot 10^{-4} \cdot C_{TP}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right)$$

$B1 = 1 / (1 + Rms \cdot H)$ (variable intermédiaire)

$Rms = 1 / Hgms$ ($Hgms$ = Facteur de transmission interne)

$C_{TP} = 0,278 \cdot Cms / H$

Cms = capacité thermique séquentielle (définie en $Th-l$) pour une inertie séquentielle définie

$$H = (\Sigma H_{th} + \Sigma H_{ges} + \Sigma H_{ei}) / 168$$

H = déperditions moyennes par les parois (H_{th} = ponts thermiques et parois opaques ; H_{ges} = parois vitrées) et le renouvellement d'air du groupe (H_{ei}) (*calculs* → p357 TH-BCE)

A partir des flux horaires, les déperditions moyennes par les parois et le renouvellement d'air moyen sur 24 jours est déterminé. Le correctif de température dû aux effets séquentiels est calculé.

La valeur de la température intérieure de confort, Tic , est déterminée de la façon suivante selon l'usage :

En usage d'**habitation**, Tic est la **valeur maximale** des températures intérieure de confort horaire

$Tic(h)$ obtenues pour **toute la journée du dimanche (24 h)**. Si cette **valeur maximale est inférieure à**

26°C alors on retient cette dernière valeur pour Tic .

Dans les **autres usages**, Tic est la **valeur maximale** des **températures opératives** obtenues **en période d'occupation, le vendredi**. Si cette valeur maximale est inférieure à 26°C alors on retient cette dernière valeur pour Tic .

3.3 Autres paramètres pris en compte

3.3.1. Gestion de l'ouverture des baies dans la Th-BCE :

Outre les caractéristiques thermiques, les menuiseries sont caractérisées par leur capacité à laisser l'air circuler à travers le bâtiment afin de créer une surventilation naturelle. Cette caractéristique a un impact non négligeable dans le calcul des besoins et des consommations de rafraîchissement. Le ratio d'ouverture est défini par différents paramètres :

- Le ratio d'ouverture maximale de la baie
- La température d'air extérieur
- La température d'air intérieure opérative ($T_{ray} + T_{air}$)
- La zone de bruit de la baie
- Le type de gestion manuelle ou automatique

Ratio d'ouverture maximale de la baie

Il s'agit du rapport de la surface d'ouverture maximale sur la surface en tableau. Ce ratio dépend donc du type d'ouvrant mis en œuvre, ouvrant à la française, en soufflet ...

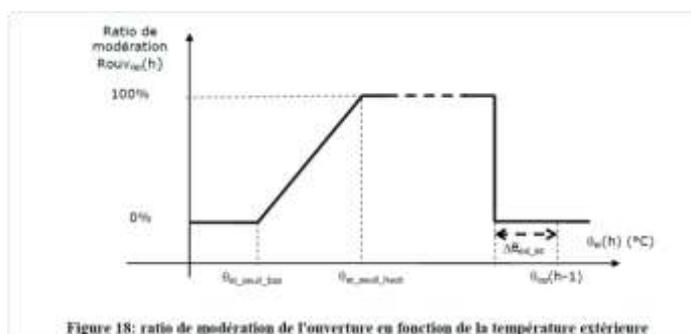
Des valeurs par défaut sont définies dans la méthode de calcul :

Type d'ouvrant	Ratio d'ouverture maximale
Française et Anglaise Angle d'ouverture de 90°	80%
Italienne et soufflet Angle d'ouverture de 15°	40%
Soufflet d'oscillo-battant Angle d'ouverture de 7°	20%
Coulissant	40%

Dans le cas où une partie de la baie est fixe (allège vitrée par exemple), il convient d'en prendre compte dans la définition du $Rou_{v,Max}$.

Evolution de l'ouverture de la baie en fonction de la température extérieure

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de l'ouverture des baies en fonction de la température extérieure. Ainsi lorsque la température extérieure est trop basse ($\theta_{ei_seuil_bas}$) la baie est entièrement fermée. A partir d'une certaine température extérieure ($\theta_{ei_seuil_haut}$) elle est pleinement ouverte, jusqu'à ce que l'écart ($\Delta\theta_{ext_int_man}$) entre la température intérieure de confort (θ_{op_base}) et extérieure ne soit pas trop important.



En gestion manuelle ou dérogée, ces paramètres sont conventionnels :

-	Saison de chauffage	Mi-saison	Saison de rafraîchissement
$\theta_{op_base_man}$	26 °C	24 °C	22 °C
$\Delta\theta_{ext_int_man}$	-6 °C	-6 °C	-6 °C
$\theta_{ei_seuil_bas_man}$	12°C	10°C	8°C
$\theta_{ei_seuil_haut_man}$	18°C	18°C	16°C

$\Delta\theta_{ext_int_man}$ est négatif, cela signifie que les occupants laissent les fenêtres ouvertes lorsque la température extérieure est supérieure à la température intérieure. Dans le cas d'une surventilation par gestion manuelle en été les fenêtres sont pleinement ouvertes pour une température extérieure comprise entre 16°C et 28°C (22+6). Pour une température extérieure entre 8°C et 16°C, les fenêtres sont en partie ouvertes et au-delà de 28°C et en dessous de 8°C elles sont entièrement fermées.

Impact de l'exposition au bruit

La zone de bruit a un impact uniquement en gestion manuelle.

Le tableau ci-dessous définit les valeurs de Cpr en fonction du moment de la journée et de la zone de bruit :

Zone de bruit	7h à 9h	9h à 18h	18h à 22h	22h à 7h
BR1	1	1	1	1
BR2 et BR3	0.7	0.7	0.7	0.3

Ce coefficient n'est applicable qu'en période et lieu d'occupation.

Ratio d'ouverture de la baie

Le ratio d'ouverture de la baie est donc défini ainsi, prenant en compte l'ensemble des paramètres décrits précédemment :

$$Rouv(h) = Rouv_{MAX} \times Cpr \times Rouv_{\theta_{ei}} \times Rouv_{\theta_{op}}$$

Le moteur de calcul détermine ensuite le débit d'air de surventilation offert par ce ratio d'ouverture et la surface des baies associées, permettant ainsi de rafraîchir le bâtiment par circulation d'air.

Remarques : Il n'est donc pas fait de différence sur l'ouverture des fenêtres selon :

- Les usages (Logement, Bureaux, ...)
- Types de locaux (Chambres, Salles de vie) selon les heures de la journée

Séparation des scénarios d'ouverture des baies :

Une séparation du type de local devrait être faite pour se rapprocher de la réalité, en **habitation individuelle**. En effet pour des raisons de sécurité ou de déplacement non souhaité des occupants, il semble peu réaliste que les occupants laisse les fenêtres des salles de vie ouvertes lors de la période de sommeil (que le bâtiment soit sur deux niveaux ou non).

Concernant les **logements collectifs**, l'hypothèse que dans chaque logement toutes les fenêtres soient potentiellement ouvrables parait plus réaliste.

L'impact de l'exposition au bruit sur les scénarios d'ouverture des baies :

L'application d'un ratio de diminution des ouvertures de baies selon l'exposition au bruit parait réaliste, mais **une différenciation** de l'impact de l'exposition au bruit selon **les usages du bâtiment** devrait être faite.

En effet un bâtiment collectif à usage d'habitation, peut plus facilement accepter une exposition au bruit qu'un bâtiment individuel à usage d'habitation.

De même il est cohérent de supposer que dans un bâtiment industriel, il n'y ait pas de différenciation sur l'ouverture des baies suivant l'exposition au bruit des façades (Machinerie plus bruyantes que l'extérieur ...).

3.3.2. Débits par surventilation naturelle :

Dans un premier temps, une surface totale d'ouverture des baies est définie $A_{ouv}(h)$ ($A_{ouv}^b(h)$ correspondant à l'ouverture d'une seule baie).

$$A_{ouv}^b(h) = R_{ouv}^b(h) \cdot A_{ouv_{MAX}^b}(h)$$

$$A_{ouv}(h) = \sum A_{ouv}^b(h)$$

Le débit volumique d'air dû à l'ouverture des baies est fonction :

- De la vitesse du vent (correctif calculé à 10 m de hauteur), $V_{ent_c} = V_{ent} \cdot C_{vent}$ ($C_{vent} = 0,9$)
- Du caractère traversant ou non-du groupe au sens de la surventilation par ouverture des baies,
- D'une hauteur de référence prise pour tenir compte des phénomènes de tirage thermique,
- De la différence entre la température de l'air extérieure et intérieure (prise avec un exposant de 0,5),
- De différentes constantes aérodynamiques, associées au vent et au phénomène de tirage thermique.

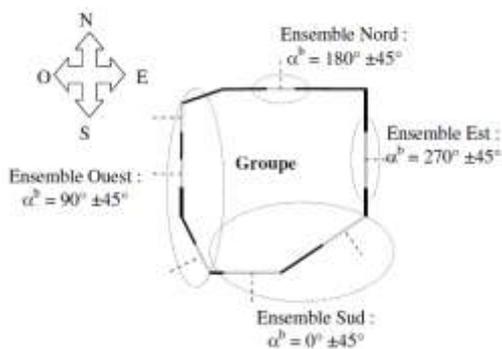
Pour un groupe non traversant :

$$Q_{v_surv_nat}(h) = 1800 \cdot A_{ouv}(h) \cdot [C_w \cdot V_{vent_c}(h)^2 + C_{st} \cdot H_{ttf} \cdot ABS(\theta_{ei}(h) - \theta_{i,fin}(h-1))]^{0,5}$$

Prise en compte de la vitesse du vent

Prise en compte des effets de tirage thermique

Pour un groupe traversant :



Le calcul de débit est plus complexe, en intégrant un coefficient correctif C_{corr_trav} . Celui-ci prend en compte l'augmentation de débit que peut générer le vent lorsque le bâtiment est traversant au sens de la surventilation par ouverture des baies.

Cette augmentation de débit dépend de la position des baies les unes par rapport aux autres. Plus les baies sont réparties sur des orientations différentes du bâtiment, plus l'effet du caractère traversant est

important.

$$Q_{v_surv_nat}(h) = 1800 \cdot A_{ouv}(h) \cdot [C_w \cdot C_{corr_trav} \cdot V_{vent_c}(h)^2 + C_{st} \cdot H_{ttf} \cdot ABS(\theta_{ei}(h) - \theta_{i,fin}(h-1))]^{0,5}$$

Le débit volumique calculé est ensuite converti en un débit massique (kg/s):

$$Q_{m_surv_nat}(h) = Q_{v_surv_nat}(h) \cdot \rho_{ext} / 3600$$

La température de l'air soufflé dans le groupe est égale à la température extérieure.

NB : Dans le cas d'un groupe ayant une ventilation naturelle par ouverture des baies pour l'aération, un seul débit entrant par ouverture des baies est pris en compte (pour le calcul de la surventilation). Ce débit correspond au maximum des débits d'aération ou de surventilation naturelle.

3.3.3. Gestion des protections Mobiles :

Pour évaluer le confort d'été, les protections mobiles sont supposées entièrement descendues (sauf si le taux de transmission lumineuse des baies avec volets ou stores enroulable est trop faible et nécessite que certaines protections mobiles soient relevées pour le confort visuel), comme stipulé p285 des règles ThBCE.

Dans le cas des bâtiments ayant deux protections mobiles, les premières étant descendues, la seconde protection mobile est considérée comme obsolète en Th-E.



Le taux de transmission lumineuse considéré est celui des baies avec protection solaire.

$$Tli_{max,b} = Tli_{ap,b}$$

- Si $T_{li,max,b} < 0.1$

Chaque baie est protégée sur 90% de sa surface par une protection solaire mobile

- Si $T_{li,max,b} \geq 0.1$

Chaque baie est protégée sur 100% de sa surface par une protection solaire mobile

Remarques :

La gestion des protections solaires, qui sont considérées comme fermées toute la journée, que le local soit occupé ou inoccupé paraît optimiste (mais possible en période caniculaire).

La gestion des protections mobiles est **gérée indépendamment** de la gestion de l'ouverture des baies. Les débits d'air sont donc calculés sans savoir si les protections (volets par exemple) sont fermés, ce qui justement correspond au cas courant en période chaude.

Prenons l'exemple d'un bâtiment à usage d'habitation, on considère que les protections solaires sont entièrement descendues en période de forte chaleur, mais une surventilation par ouverture des baies est possible en Th-E.

Les occupants en cas de forte chaleur intérieure privilégieront d'avoir un meilleur confort thermique en période de sommeil, qu'un confort visuel le matin (éblouissement par le soleil).

Le débit d'air entrant en cas de ventilation par ouverture des baies doit être **fonction du taux de fermeture de la protection mobile** (surface de passage d'air possible) et du **ratio d'ouverture de baies**.

3.3.4. Occupation : calcul du nombre d'adultes équivalents :

Pour les usages particuliers qui sont les maisons individuelles ou accolées ainsi que les logements collectifs, un nombre d'adulte équivalents N_{adeq} est calculé comme suit :

En usage "Maison individuelle ou accolée"

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{gr} < 30m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (70 - A_{gr}) & \text{si } 30m^2 \leq A_{gr} < 70m^2 \\ 0.025A_{gr} & \text{si } A_{gr} \geq 70m^2 \end{cases}$$

$$N_{adeq} = \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases}$$

En usage "Logement collectif"

Dans ces usages il y a uniquement deux locaux, un d'habitation et un autre de circulation.

On calcul la surface habitable qui est la surface du local d'habitation :

$$A_{hab} = Rat_{hab} A_z,$$

Où Rat_{hab} correspond au Rat_1 du local d'habitation. On calcul ensuite la surface moyenne par logement :

$$A_{lgt} = \frac{A_{hab}}{Nb_{lgt}}.$$

Cette surface est utilisée pour calculer N_{max} comme suit :

$$N_{max} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_{lgt} < 10m^2 \\ 1.75 - 0.01875 \times (50 - A_{lgt}) & \text{si } 10m^2 < A_{lgt} < 50m^2 \\ 0.035A_{lgt} & \text{si } A_{lgt} > 50m^2 \end{cases}$$

Le nombre maximal d'adultes équivalent est défini par :

$$N_{adeq} = Nb_{lgt} \times \begin{cases} N_{max} & \text{si } N_{max} < 1.75 \\ 1.75 + 0.3 \times (N_{max} - 1.75) & \text{si } N_{max} \geq 1.75 \end{cases}$$

Exemple des valeurs retenues par usage

- Maison individuelle ou accolée

A_{gr} [m ²]	-	N_{max}	N_{adeq}
9	$A_{gr} < 30m^2$	1	1
45	$30m^2 \leq A_{gr} < 70m^2$	1	1
100	$A_{gr} \geq 70m^2$	3	2

- Logement collectif

Nbr _{igt}	A_{hab} [m ²]	A_{igt} [m ²]	-	N_{max}	N_{adeq}/A_{hab}	N_{adeq}/igt
27	243	9	$A_{igt} < 10m^2$	1	27	1
27	1215	45	$10m^2 \leq A_{igt} < 50m^2$	2	45	2
27	2700	100	$A_{igt} \geq 50m^2$	4	61	2

Remarque : En surface logement équivalente le Nombre d'adultes équivalents en Maison et Logement collectif est à peu près identique et ne parait pas être si éloigné de la réalité.

Avec statistiquement plus de personnes/m² dans un bâtiment d'habitation collectif qu'individuel.

3.3.5. Scénarios conventionnels :

Les scénarios conventionnels pour les locaux d'habitation dans les deux usages sont identiques.

OCCUPATION :

Par convention un adulte équivalent émet une puissance de 90W au repos et 63W en période de sommeil.

Un adulte au repos émet une humidité de 0,055 kg/h et 0,0385 kg/h en période de sommeil. Expliquant ainsi la présence du facteur 0,7 en occupation pendant les heures de sommeil. Pour les locaux à usage de circulation les scénarios d'occupation sont égal à 1 (pièce à occupation passagère) de plus le scénario est différent des locaux à usage d'habitation.

VENTILATION :

Celle-ci est en fonctionnement permanent et ce durant toute l'année suivant l'Arrêté du 24 Mars 1982 sur les dispositions relatives à l'aération des logements.

CHAUFFAGE ET REFROIDISSEMENT :

Le fonctionnement des systèmes de chauffage et refroidissement fonctionnent en adéquation avec les périodes d'occupation du groupe.

ECLAIRAGE :

Un problème se pose au niveau du mercredi (Jour N°3), le fonctionnement à partir de 15h n'est pas identifié. Il ne concorde pas avec l'occupation du groupe. Le problème se pose aussi pour les créneaux horaires 10h et 19h.

ZONE - idem que pour les maisons individuelles

nom de la zone	logements collectifs voir typologie	
températures de consigne	ch	fr
normes	19	28
arrêt moins de 48 h	16	30
arrêt plus de 48 h	7	30

occupation		scenario horaire occupation = 1 ; inoccupation = 0																							
jour V / heure >		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

vacances > 1 ; tableau ci dessus ; inoccupation = 0													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ce calendrier est basé sur une année commençant un Lundi

Chauffage		scenario horaire Température de consigne chaud > normal : 1 ; réduit de moins de 48 h : 0 ; réduction de plus de 48 h : -1																							
jour V / heure >		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

vacances : 1 ; tableau ci dessus ; -1 : réduit de plus de 48 h													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Retrocissement		scenario horaire Température de consigne froid > normal : 1 ; réduit de moins de 48 h : 0 ; réduction de plus de 48 h : -1																							
jour V / heure >		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

vacances : 1 ; tableau ci dessus ; -1 : réduit de plus de 48h													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ventilation		scenario horaire ventilation > fonctionnement = 1 ; arrêt ou valeur min = 0																							
jour V / heure >		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

vacances > 1 ; tableau ci dessus ; arrêt ou valeur min = 0													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

éclairage		scenario horaire éclairage > fonctionnement = 1 ; arrêt ou valeur min = 0																							
jour V / heure >		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

vacances > 1 ; tableau ci dessus ; arrêt ou valeur min = 0													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Un problème à été identifié au niveau des scénarios d'éclairage en local d'habitation (Maisons Individuelles et Logements Collectifs), ces scénarios ne coïncident pas avec les scénarios d'occupation de ces types de locaux.

Les erreurs identifiées sont surlignées en bleu dans les tableaux ci-dessus.

3.3.6. Apports

Calcul des apports récupérables dus à l'éclairage

Les flux émis s'expriment de la manière suivante :

- Flux Convectifs : $FeCl_c = C_{ref_ecl_conv} \cdot C_{ECL_GR}$
- Flux Radiatifs : $FeCl_r = C_{ref_ecl_rad} \cdot C_{ECL_GR}$

$$C_{ref_ecl_rad} = 0,5$$

$$C_{ref_ecl_conv} = 0,5$$

C_{ECL_GR} = Consommation en éclairage du groupe (Wh)

→ Conventionnellement la part des émissions convectives et radiatives sont de 50% chacune.

En bâtiment à usage d'habitation la puissance surfacique conventionnelle :

$$P_{ecl_tot} = 1,4 \text{ W/m}^2$$

Interrupteur seul marche/arrêt et gestion manuelle à la lumière du jour

Le coefficient C1 correspond à un pourcentage moyen d'utilisation qui dépend d'une part du mode d'allumage et d'extinction de l'éclairage artificiel.

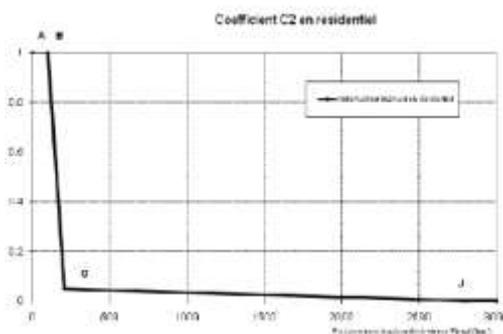
En habitation :

$$C1 = 0,9$$

Le coefficient C2 correspond à un pourcentage moyen d'utilisation, dépendant du mode de gestion de l'éclairage en fonction des apports de lumière naturelle dans le local.

En habitation :

La valeur de C2 est obtenue par interpolation linéaire



Apports par les occupants (par adulte équivalent : en habitation):

- 90W au repos
- 36W en période de sommeil

Les parts des ces apport en convection et rayonnement est de 0,5

Apports par les équipements:

Apports par les équipements avec un scénario binaire dépendant uniquement de l'occupation dans le logement :

- 5,7 W/m² en occupation
- 1,14 W/m² en inoccupation

Remarque : il serait plus vraisemblable de considérer des apports au m² plus importants en IC qu'en MI. Les équipements générant des dégagements de chaleur dans une maison de 120 m² ne sont par exemple pas 2 fois plus nombreux que dans un logement de 60 m² : la quantité d'appareils d'électro ménagers est la même (même nombre de fours, aspirateurs, postes de cuisson, fers, etc...), tandis que les équipements audio visuels sont en général à peine plus nombreux (on peut raisonnablement envisager un téléviseur de plus, 2 ou 3 appareils de bureautique, etc...), mais cela ne permet de multiplier la quantité d'apports par 2. Il en résulte des apports par m² qui devraient être différenciés.

4 Conclusions

Il résulte de cette étude plusieurs éléments :

- des éléments de définition de la Tic qui ne sont pas assez clairs ; le nouvel indicateur devra veiller à ce que les énoncés et méthodes de calculs ne reprennent pas les ambiguïtés existantes (cf § 2 aux pages 5 à 7)
- certaines hypothèses de calcul de confort d'été qui paraissent non pertinentes ou non adaptées, notamment en ce qui concerne les scénarios utilisés. Dans le cadre de la définition d'un nouvel indicateur, ces hypothèses pourront être éclaircies (cf § 3 aux pages 8 à 22)

Ces éléments sont les suivants, présentés de manière synthétique :

A- la définition du calcul de la Tic comporte des zones de flous (cf § 2 aux pages 5 à 7):

- quelle gestion de protections solaires ? il semble que les protections solaires soient considérées comme fermées en permanence, ce que confirment les résultats puisque la Tic est aujourd'hui indépendante de la gestion (qui peut être manuelle ou automatisée selon plusieurs paramètres).

Notre proposition :

le nouvel indicateur confort d'été devra prendre en compte la gestion des protections solaire de façon à rester en cohérence avec le calcul ThBC et avec le fait que la gestion automatique des ouvertures de baies est quant à elle valorisable. On s'aligne ainsi sur les calculs Bbio et Cep.

- quel scénario climatique ? le calcul est décrit réalisé sur 4 semaines, mais une journée chaude de référence est définie sans que son utilité ne soit précisée.

Notre proposition :

pour avoir un effet cumulatif et séquencé, la période de calcul doit être effectivement sur plusieurs semaine voire mois ; cela ne pose pas de problèmes vu que les fichiers météo utilisés pour les règles ThBCe le permettent. Cela permettrait aussi de ne plus avoir à utiliser la définition de la journée chaude de référence dont la définition et l'utilisation restent imprécises.

B - Le scénario d'ouverture de fenêtre vis-à-vis du bruit est indépendant de l'usage choisi, ce qui est incohérent avec les pratiques observées (cf § 3 page 13). En l'état actuel la zone de bruit a le même impact sur la gestion de l'ouverture des fenêtres sur un bâtiment industriel que sur un logement par exemple ; or les usagers seront bien plus sensibles au bruit chez eux que dans un bâtiment où un niveau sonore est déjà présent.

Notre proposition :

différencier l'impact de la zone de bruit selon les catégories de bâtiment par un coefficient qui pourrait varier entre 1 (= le bruit extérieur n'a pas d'impact sur la façon dont les baies sont ouvertes, par exemple en industrie) et 0.5 par exemple (= le bruit extérieur a un gros impact sur la façon dont les baies sont ouvertes, par exemple en logement). Ce coefficient viendrait pondérer le coefficient Cpr. Les valeurs sont bien évidemment discutables mais le principe est bien de différencier les usages.

C - Le manque de différenciation des zones à l'intérieur même d'un bâtiment conduit à estimer une ouverture des baies équirépartie selon toutes les façades, ce qui ne correspond pas nécessairement à la réalité. En maison individuelle, on aura tendance à ouvrir les fenêtres du séjour en journée (en occupation) et celles des chambres la nuit, mais sans qu'il y ait chevauchement entre les 2.

Notre proposition :

ce point semble malheureusement difficile à prendre en compte dans le cadre du calcul réglementaire car nécessite un découpage plus fin (par local) que celui prévu dans le calcul réglementaire

D - Les débits d'air par ouverture des fenêtres sont calculés indépendamment de la protection mise en place ; on peut donc supposer qu'ils le sont sans protection, auquel le débit est certainement surestimé, et le confort d'été est jugé très favorablement, puisque dans de nombreuses configurations la fermeture des protections solaires induit une baisse de ces débits.

Notre proposition :

insérer un coefficient de porosité des protections solaires (Ips):

$Ips = \text{Surface totale de la protection solaire} / \text{Surface des interstices ouverts en permanence}$

Le débits d'air devra donc être corrigé par ce coefficient de porosité.

E - Une incohérence légère concernant les occupations en logement a été relevée, interdisant l'éclairage même en occupation.

Notre proposition :

corriger ce scénario tout simplement en mettant en cohérence occupation et possibilité d'éclairage.

F - Il semblerait plus judicieux de différencier les apports internes dus aux équipements entre le scénario maison et le scénario immeuble, car les apports ramenés au m² sont normalement plus défavorables dans le cas d'un immeuble collectif. De plus, les scénarios ne différencient pas les apports dus à la cuisson par exemple, qui tendraient à moduler ces apports en fonction de l'horaire, et non plus seulement en fonction de l'occupation.