



Région Guadeloupe

Règlementation thermique des bâtiments neufs en
Guadeloupe (RTG)

Caractéristiques thermiques « vérifiées » des composants

Cahier des charges à l'attention des
industriels et organismes vérificateurs

Version 2 – mai 2014

Sommaire

<u>1</u>	<u>OBJET DU DOCUMENT</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>RAPPEL DES REGLES DE CALCUL APPLICABLES</u>	<u>3</u>
2.1	RTAADOM	3
2.2	REGLEMENTATION THERMIQUE GUADELOUPE (RTG)	3
2.3	REGLES TH-BAT	4
<u>3</u>	<u>CONDITIONS CONVENTIONNELLES D'ETABLISSEMENT DES « CARACTERISTIQUES THERMIQUES VERIFIEES »</u>	<u>4</u>
3.1	PREAMBULE : DIVERGENCES ENTRE LES METHODES RTAADOM ET RTG	4
3.2	CAS DES PAROIS OPAQUES	6
3.3	CAS DES BAIES	6
3.4	CAS DES DISPOSITIFS D'OMBRAGE	7
<u>4</u>	<u>FORMULES DE CONVERSION</u>	<u>8</u>
4.1	COEFFICIENT U	8
4.2	COEFFICIENT S	8
<u>5</u>	<u>UTILISATION DES CARACTERISTIQUES THERMIQUES VERIFIEES DANS LES CALCULS REGLEMENTAIRES</u>	<u>9</u>
5.1	DENOMINATION DES MODES DE CALCUL	9
5.2	POUR UNE VERIFICATION RTAADOM	9
5.3	POUR UN CALCUL RTG	9
<u>6</u>	<u>RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES</u>	<u>10</u>
<u>ANNEXE A : HYPOTHESES DE CALCUL COMPLEMENTAIRES POUR LE FACTEUR DE TRANSMISSION DE L'ENERGIE SOLAIRE DES PAROIS OPAQUES D'UN BATIMENT EN CONVENTION RTAADOM ET RTG</u>		
1.	HYPOTHESES POUR UN CALCUL RTAA	11
2.	HYPOTHESES POUR UN CALCUL RTG	12

1 OBJET DU DOCUMENT

Ce document s'adresse aux industriels commercialisant des composants de bâtiment (façades, couvertures, baies,...) sur le territoire et dans le domaine visés par la Délibération CR/13-679 et souhaitant publier les caractéristiques thermiques de leurs produits, à savoir :

- U, Uw : coefficient de transmission thermique, exprimé en W/m².K
- S, S₀ : facteur solaire, coefficient adimensionnel compris entre 0 et 1
- Cm : coefficient d'ombrage, adimensionnel compris entre 0 et 1 (réservé aux produits dont l'unique fonction est d'apporter un ombrage sur une paroi)
- Eventuellement : d'autres grandeurs telles que α_e coefficient d'absorption énergétique; SOL surface d'ouverture libre d'une baie, etc...

La publication des caractéristiques thermiques de produits est facultative, mais doublement profitable pour l'industriel, car les performances réelles sont généralement meilleures que les valeurs par défaut proposées par les textes réglementaires, et les calculs de vérification réglementaire à réaliser par le maître d'œuvre sont grandement facilités.

Le présent document précise les conditions dans lesquelles l'industriel doit procéder à l'évaluation de ces performances avant leur publication, que ce soit par mesures, calculs ou combinaison de ces deux méthodes. Il doit obligatoirement être communiqué à l'organisme qu'il aura choisi pour effectuer cette évaluation.

2 RAPPEL DES REGLES DE CALCUL APPLICABLES

2.1 RTAADOM

- **Référence du texte** : Arrêté du 17 avril 2009 définissant les caractéristiques thermiques minimales des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion ; applicable aux constructions neuves à usage résidentiel.
- **Validité** : sur le territoire de la Guadeloupe, ce texte est abrogé et réintégré par la RTG comme l'une des solutions techniques applicables, ce qui signifie qu'un maître d'ouvrage en résidentiel peut opter soit pour l'application de la RTAADOM, soit pour l'application de la RTG (moyennant le respect de l'article 22 de la RTG).
- **Méthodes de calcul de U, S et Cm** :
 - **Modes de calcul** : par calcul simplifié uniquement (le guide d'application prévoit des valeurs tabulées pour les matériaux courants afin de faciliter le calcul)
 - **sur les parois opaques** : par formules de calcul simplifiées : $U=1/(R+0,20)$ et $S = \frac{0,074 * Cm * a}{R + 0,20}$ où R est la résistance de paroi en m².K/W. La résistance thermique R est soit connue, soit déterminée grâce à la conductivité thermique et à l'épaisseur du matériau.
 - **sur les baies** : U n'est pas calculé ; S est déterminé par des tables de valeurs par défaut
 - **Sur les dispositifs d'ombrage** : Cm est déterminé par des tables de valeurs par défaut

2.2 REGLEMENTATION THERMIQUE GUADELOUPE (RTG)

- **Référence du texte** : Délibération CR/13-679 relative à la réglementation thermique et aux caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (RTG) ; applicable aux constructions neuves à usages résidentiel, bureaux et commerces.
- **Validité** : ce texte est actuellement en vigueur sur le territoire de la Guadeloupe
- **Méthodes de calcul de U et S** : la RTG autorise deux modes de calcul :

- la méthode de calcul simplifiée issue de la RTAADOM,
- ou les « caractéristiques thermiques vérifiées » telles que définies en annexe 2 de la délibération, et établies par calcul et/ou mesures :

Une caractéristique thermique est réputée vérifiée pour un produit, un système ou un procédé constructif si la valeur numérique de cette caractéristique est spécifiée dans un document justificatif figurant dans la liste suivante :

- un certificat délivré par un organisme accrédité par un membre de l'EA (*European Accreditation*) ;
- un Pass Innovation -feu vert- délivré par le CSTB ;
- un ATE (Agrément Technique Européen) ;
- une ATE_x (Appréciation Technique Expérimentale) favorable ;
- un DTA (Document Technique d'Application) ;
- un avis technique (AT ou Atec), direct ou issu d'une « confirmation d'agrément » par l'un des membres de l'UEATc (équivalents européens).

Dans cet article, pour la détermination du facteur solaire des parois opaques S, le terme « certificat délivré par un organisme accrédité par un membre de l'EA » doit être interprété comme une note de calcul prenant en compte les hypothèses figurant dans le présent document à partir d'essais de mesurage du coefficient d'absorption énergétique α_e de la face extérieure des parois et, le cas échéant d'émissivité ε des faces des lames d'air. Ces essais doivent être réalisés conformément aux prescriptions du §2.2 de l'annexe A du présent document.

Nota important : les spécifications techniques de conditions d'établissement des caractéristiques thermiques vérifiées figurant dans la délibération (vent nul, conditions été, etc ...) doivent être ignorées, le présent document prévalant sur la délibération sur ces points.

2.3 REGLES TH-BAT

- **Références du texte** : Les règles Th-bat constituent un ensemble de textes ayant pour objet la détermination des caractéristiques thermiques utiles des éléments de construction, c'est-à-dire les caractéristiques représentatives du comportement de ces éléments (matériaux, produits, procédés, etc.) dans l'ouvrage. Les caractéristiques thermiques utiles servent comme données d'entrée pour l'application des réglementations thermiques en vigueur.
- **Validité** : ce texte, actuellement en vigueur en France métropolitaine, est visé par la RTG sur ses parties :
 - TH-U relative à la transmission thermique
 - TH-S relative au facteur solaire
 - TH-I relative à l'inertie thermique

3 CONDITIONS CONVENTIONNELLES D'ETABLISSEMENT DES « CARACTERISTIQUES THERMIQUES VERIFIEES »

3.1 PREAMBULE : DIVERGENCES ENTRE LES METHODES RTAADOM ET RTG

La méthode RTG étant basée sur une simulation thermique dynamique sur une année, les caractéristiques thermiques des composants doivent correspondre à des valeurs « moyennes » annuelles et non extrêmes, c'est pourquoi les conditions conventionnelles de calcul sont différentes entre RTG et RTAADOM en ce qui concerne les coefficients d'échanges superficiels :

- Conditions aux limites « **E** » (selon le Chapitre 5 des règles TH-S) pour la RTAADOM, correspondant à un cas extrême à vent quasi-nul ($v = 1$ m/s) ;
- Conditions aux limites « **C** » (selon le Chapitre 5 des règles TH-S) pour la RTG, correspondant à une moyenne annuelle ($v = 4$ m/s).

Les différences entre ces deux modes reposent essentiellement sur les conditions de vent et donc d'échange thermique superficiel. En pratique, les valeurs numériques diffèrent :

- Faiblement sur le calcul de la valeur U d'une paroi opaque ou d'une baie et S_0 d'une baie ;
- Fortement sur le calcul de la valeur S d'une paroi opaque ;
- Sans objet sur le calcul d'un coefficient C_m d'un dispositif d'ombrage.

Pour éviter toute confusion entre ces deux modes par les maîtres d'œuvre, la saisie des valeurs de coefficients sur l'outil de calcul RTG doit suivre les règles suivantes :

- **S'il s'agit de « caractéristiques thermiques vérifiées » :**
 - **S** : doit être déterminé en mode « C » (propre à la RTG) et saisi dans la colonne « S précalculé » prévue à cet effet ;
 - **S_0** : doit être déterminé en mode « C » (propre à la RTG)
 - **U** : doit être déterminé en mode « E » (propre à la RTAADOM) sachant que l'outil RTG le convertira en mode C ;
 - **Uw** : doit être déterminé selon les conventions définies en §3.3 ci-après
 - **Cm** : doit être déterminé selon les conventions définies en §3.4 ci-après
- **S'il ne s'agit pas de « caractéristiques thermiques vérifiées » :** les coefficients doivent donc être déterminés par application de la méthode simplifiée issue de la RTAADOM (formules et tables de valeurs). Dans ce cas, l'entrée des données sur l'outil de calcul RTG est effectuée de facto en mode « E » (propre à la RTAADOM) et l'outil de calcul RTG procède ensuite à une conversion ce qui permet d'utiliser les mêmes formules de calcul simplifiées entre RTG et RTAADOM.

		méthode simplifiée	caractéristiques thermiques vérifiées
parois opaques			
	U	mode E	mode E
	S	mode E	mode C
	C_m	selon tables RTAADOM	cf. §3.4
baies			
	Uw	selon table RTG	cf. §3.3
	S_0	selon tables RTAADOM	cf. §3.3
	C_m	selon tables RTAADOM	cf. §3.4

Mode de détermination des coefficients dans le cadre de l'application de la RTG

Nota important : dans le cas particulier où le maître d'œuvre opte pour l'application directe – **sans calcul** – de la solution technique RTAADOM : les éventuelles « caractéristiques thermiques vérifiées » U et S doivent impérativement être établies selon les méthodes simplifiées de la RTAADOM et ses documents d'application, soit en mode « E ».

	méthode simplifiée	caractéristiques thermiques vérifiées	
parois opaques			
	U	selon formule RTAADOM	mode E
	S	selon formule RTAADOM	mode E
	Cm	selon tables RTAADOM	non autorisé
baies			
	Uw	sans objet	sans objet
	S ₀	selon tables RTAADOM	non autorisé
	Cm	selon tables RTAADOM	non autorisé

Mode de détermination des coefficients dans le cadre de l'application de la solution technique RTAADOM

Ainsi, il est recommandé aux industriels de procéder à l'évaluation de leurs produits de type « paroi opaque » selon les deux modes (E et C).

Les paragraphes ci-après précisent les conditions conventionnelles de calcul ou d'essai relatives à ces modes de calcul des caractéristiques thermiques vérifiées.

3.2 CAS DES PAROIS OPAQUES

- La résistance thermique R d'une couche de paroi est déterminée dans les mêmes conditions selon les deux modes (cf. règles Th-U)
- Le coefficient de transmission thermique U d'une paroi est établi sur la base des conditions suivantes :
 - Soit par application directe de la méthode de calcul définie dans la RTAADOM et ses documents d'application ;
 - Soit en mode « E » au sens du Chapitre 5 des règles Th-S (pour usage RTG uniquement) :
 - Vitesse du vent : 1 m/s
 - Soit une valeur par défaut de la résistance superficielle extérieure $R_{se-c}=0,07 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ avec une émissivité par défaut $\epsilon=0,9$
 - Une valeur par défaut de la résistance superficielle intérieure :
 - $R_{si-c}= 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ pour les parois verticales
 - $R_{si-c}= 0,13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ pour les parois horizontales, ce qui constitue une adaptation des règles Th-bat
- Le facteur solaire S d'une paroi opaque est établi sur la base de conditions différentes selon la convention de calcul (RTAADOM ou RTG). L'ensemble des hypothèses de calcul à considérer sont décrites dans l'Annexe A du présent document.

Note 1 : Le coefficient de transmission thermique de la paroi U en condition « E » peut éventuellement être déduit d'un calcul en condition « C » réalisé couramment en métropole (suivant les Règles Th-U) à l'aide des formules de conversion proposée au paragraphe 4.1.

3.3 CAS DES BAIES

Les conventions à prendre en compte dans les calculs de la transmission thermique surfacique Uw sont :

- Uw est le coefficient de transmission thermique surfacique global de la baie sans sa protection solaire (vitrage + cadre) calculé conformément aux Règles Th-Bât ;
- Configuration du bloc baie : l'évaluation est effectuée vitrages fermés. Dans le cas particulier de volets sans vitrages, l'évaluation est effectuée volets fermés à partir de la résistance thermique intrinsèque Rs de la fermeture. Dans le cas particulier de blocs portes, l'évaluation est effectuée en position fermée, et en configuration normale d'utilisation.

- Une valeur par défaut de la résistance superficielle intérieure :
 - $R_{si-c} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ pour les parois verticales
 - $R_{si-c} = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ pour les parois horizontales
- Les autres données de calcul sont établies conformément aux règles TH-U fascicule 3 (parois vitrées)
- Nota : ce calcul n'est utile que pour l'application de la méthode calculée RTG.

Les conventions à prendre en compte dans les calculs du facteur solaire S_0 sont :

- En négligeant les correctifs d'intégration dans l'ouvrage (en réalisant un calcul à incidence normale conforme à la norme XP P50-777)
- Mode C au sens de la norme XP P50-777
- Configuration du bloc baie : l'évaluation est effectuée vitrages fermés, protections solaires déployées mais dans des conditions de réglage normales et moyennes en période d'occupation. En l'occurrence, les protections solaires insuffisamment ajourées ne permettant pas l'utilisation de la surface de la baie pour la ventilation de confort (thermique) et l'éclairage naturel sont considérées comme non mises en place lors du calcul de S_0 (exemple : volet ou store vertical non projetable non ajourés). Dans le cas particulier d'une protection solaire à lames orientables, on considère que les lames sont inclinées à 45° et que la hauteur du soleil est à 45° . Dans le cas particulier de volets sans vitrages, l'évaluation est effectuée volets fermés. Dans le cas particulier de blocs portes, l'évaluation est effectuée en position fermée, et en configuration normale d'utilisation.
- Les autres données de calcul sont établies conformément aux règles TH-S (facteurs solaires) et à la norme XP P50-777

Note : Le coefficient tenant compte de l'intégration dans l'ouvrage de la fenêtre, défini dans les Règles Th-S, peut être ignoré pour l'application en RTG : les données des produits fenêtres à incidence normale peuvent être utilisées directement (hypothèse sécuritaire). Dans ce cas, les conditions de calcul « Cch » ou « Cclim » ont peu d'impact sur le calcul du S_0 .

3.4 CAS DES DISPOSITIFS D'OMBRAGE

Un composant industriel destiné à créer un ombrage sur une paroi du bâtiment peut être valorisé par une évaluation précise (facultative) du coefficient C_m pour une orientation donnée, sachant que celle-ci ne sera acceptée que par la RTG. Les conditions conventionnelles de calcul de ce coefficient sont les suivantes :

- La valeur de C_m correspond à un coefficient d'ombrage moyen sur les heures de jour d'une année conventionnelle
- Les conditions d'ensoleillement de l'année conventionnelle sont codifiées par une série temporelle de données d'ensoleillement directe et diffus pour chacune des 5 orientations nord, sud, est ouest et horizontal, au pas de temps 1 heure sur 365 jours. Cette série temporelle est disponible sur demande écrite formulée à la région Guadeloupe à l'adresse suivante : info@guadeloupe-energie.fr. Le calcul détaillé se fait alors en suivant le principe du paragraphe 3.2.2 des Règles Th-S en remplaçant les données climatiques de La Rochelle par celles décrites précédemment.

4 FORMULES DE CONVERSION

4.1 COEFFICIENT U

Les industriels peuvent, s'ils le souhaitent, convertir leurs valeurs U d'une paroi opaque des conditions aux limites « E » vers « C » et réciproquement en appliquant l'une des formules approximatives suivantes :

$$U_{mode_C} \approx \frac{1}{\frac{1}{U_{mode_E}} - 0,029}$$

$$U_{mode_E} \approx \frac{1}{\frac{1}{U_{mode_C}} + 0,029}$$

Avec :

- U_{mod_C} , U_{mod_E} : coefficients de transmission surfacique des parois opaques, utilisés respectivement par la méthode RTG (conditions limites « C ») et par la méthode RTAADOM (conditions limites « E »), en W/m².K

Rappelons que la détermination de U_{mode_C} est facultative, du fait de la saisie en mode « E » dans l'outil de calcul.

4.2 COEFFICIENT S

Les industriels ayant fait procéder par un organisme accrédité à l'évaluation des caractéristiques thermiques S d'un complexe de paroi opaque **avant le 1er mars 2014** (date d'établissement du document justificatif) peuvent si besoin convertir leurs valeurs des conditions aux limites « E » vers « C » et réciproquement en appliquant l'une des formules approximatives suivantes :

$$S_{mode_C} \approx \frac{\alpha \cdot U_{mode_C}}{25}$$

$$S_{mode_C} \approx \frac{1}{\frac{1,85}{S_{mode_E}} - \frac{0,725}{\alpha}}$$

$$S_{mode_E} \approx \frac{\alpha \cdot U_{mode_E}}{13,5}$$

$$S_{mode_E} \approx \frac{1,85}{\frac{1}{S_{mode_C}} + \frac{0,725}{\alpha}}$$

Avec :

- U_{mod_C} , U_{mod_E} : coefficients de transmission surfacique des parois opaques, utilisés respectivement par la méthode RTG (conditions limites « C ») et par la méthode RTAADOM (conditions limites « E »), en W/m².K
- S_{mod_C} , S_{mod_E} : facteurs solaires des parois opaques, utilisés respectivement par la méthode RTG (conditions limites « C ») et par la méthode RTAADOM (conditions limites « E »), sans dimension

- α : coefficient d'absorption de la paroi opaque, sans dimension, tenant compte du vieillissement et de l'empoussièrement

Dans les autres cas, l'application de ces formules de conversion n'est pas autorisée car elle introduit une erreur sensible dans la valeur.

5 UTILISATION DES CARACTERISTIQUES THERMIQUES VERIFIEES DANS LES CALCULS REGLEMENTAIRES

5.1 DENOMINATION DES MODES DE CALCUL

Les documents justificatifs rédigés par l'organisme devront utiliser les dénominations suivantes pour désigner les grandeurs calculées :

- Parois opaques :
 - Coefficient de transmission thermique calculée en mode E : « **U précalculé en conditions E selon méthode RTAADOM, compatible RTG** »
 - Facteur solaire calculé en mode C : « **S précalculé en conditions C, compatible RTG** »
 - Facteur solaire calculé en mode E : « **S précalculé en conditions E, selon méthode RTAADOM** »
- Baies :
 - Coefficient de transmission thermique globale (un seul mode de calcul) : « **U_w, compatible RTG et RTAADOM** »
 - Facteur solaire (un seul mode de calcul : C) : « **S₀, compatible RTG et RTAADOM** »
- Coefficient d'ombrage (un seul mode de calcul) : « **Cm, compatible RTG** »

5.2 POUR UNE VERIFICATION RTAADOM

Dans le cas d'une vérification réglementaire par application de la RTAADOM sans calculs sur l'outil RTG, les consignes d'utilisation à communiquer au maître d'œuvre sont d'utiliser les grandeurs suivantes :

- Parois opaques :
 - Coefficient de transmission thermique calculée en mode E : « **U précalculé en conditions E selon méthode RTAADOM, compatible RTG** »
 - Facteur solaire calculé en mode E : « **S précalculé en conditions E, selon méthode RTAADOM** »
- Baies :
 - Coefficient de transmission thermique globale : « **U_w, compatible RTG et RTAADOM** »
 - Facteur solaire : « **S₀, compatible RTG et RTAADOM** »
- Coefficient d'ombrage : pas d'utilisation possible de caractéristiques thermiques vérifiées Cm

5.3 POUR UN CALCUL RTG

Dans le cas d'une vérification réglementaire RTG avec utilisation de l'outil de calcul RTG, les consignes d'utilisation à communiquer au maître d'œuvre sont d'utiliser les grandeurs suivantes :

- Parois opaques :
 - Coefficient de transmission thermique calculée en mode E : « **U précalculé en conditions E selon méthode RTAADOM, compatible RTG** »
 - Facteur solaire calculé en mode C : « **S précalculé en conditions C, compatible RTG** »

3. Saisie des parois opaques de l'enveloppe

	Nom	Orientation	Surface	Cm	U (**)	α	Saisie de S _{précalculé} (*)	S _{précalculé}	S _{rtadom}	Donnant sur un local WC ou SdB ?
	(facultatif)	NESWH	m ²	coeff.[0-1]	W/(m2.K)	coeff.[0-1]	Oui / Non	coeff.[0-1]	coeff.[0-1]	Oui / Non
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

- Baies :
 - Coefficient de transmission thermique globale : « **U_w, compatible RTG et RTAADOM** »
 - Facteur solaire : « **S₀, compatible RTG et RTAADOM** »

2. Saisie des baies

Ne pas intercaler de lignes vides dans ce tableau

	nom	Orientation	Surface	Surface d'ouverture libre	U	Cm	S ₀ avec protections solaires	Donnant sur un local WC ou SdB ?	Est une vitrine ?	Ratio surfaces ventilation
	(facultatif)	NESWH	m ²	m ²	W/(m2.K)	coeff.[0-1]	coeff.[0-1]	Oui / Non	Oui / Non	coeff.[0-1]
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										

- Coefficient d'ombrage : « **Cm, compatible RTG** »

6 RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES

Pour toute question complémentaire, adresser les questions à la région Guadeloupe à l'adresse suivante : info@guadeloupe-energie.fr

ANNEXE A : HYPOTHESES DE CALCUL COMPLEMENTAIRES POUR LE FACTEUR DE TRANSMISSION DE L'ENERGIE SOLAIRE DES PAROIS OPAQUES D'UN BATIMENT EN CONVENTION RTAADOM ET RTG

1. HYPOTHESES POUR UN CALCUL RTAA

1.1. GÉOMÉTRIE

Une lame d'air est considérée comme non ventilée si aucune de ses faces ne peut être assimilée à un pare-soleil ventilé au sens du paragraphe 3.3.2. de l'Arrêté du 17 Avril 2009.

1.2. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX ET DES SURFACES

Le coefficient d'absorption énergétique de la face extérieure α_e se détermine en fonction de la teinte du revêtement à partir de la Fiche d'Application de la RTAA version 1.1. A noter qu'en toiture, α_e ne peut pas être inférieur à 0.60 même pour les teintes les plus claires (prise en compte forfaitaire de l'empoussièrement).

Si le calcul de la résistance thermique du procédé fait intervenir une faible émissivité ε , sa valeur doit être issue d'une mesure conforme à la norme NF EN 16012 en appliquant les principes de vieillissement artificiel du §. 2.4.1. du Cahier Technique n°7 rév A des référentiels de certification ACERMI, l'émissivité utile ε_u à considérer étant définie par :

$$\varepsilon_u = \text{Max}(\varepsilon_1; \varepsilon_2; \varepsilon_3; \varepsilon_4)$$

ε_1 Emissivité mesurée à l'état initial

ε_2 Emissivité mesurée après 500 h de rayonnement UV (45°C et 90% HR) puis 200 h de séchage à 70°C

ε_3 Emissivité mesurée après 28 jours à 70°C et 90% HR

ε_4 Emissivité mesurée après 60 jours à 70°C et 90% HR

A défaut, une valeur de $\varepsilon = 0.9$ sera à retenir. *NB : un produit réfléchissant bénéficiant d'une valeur d'émissivité certifiée ACERMI étant déjà soumis à ces essais, la valeur d'émissivité certifiée peut être utilisée directement comme valeur utile.*

1.3. CONDITIONS AUX LIMITES

Elles sont incluses dans la formule simplifiée. Pour information, les résistances superficielles considérées sont telles que $R_{si} = 0.13 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ et $R_{se} = 0.07 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ (vent quasi-nul à 1 m/s ce qui constitue une hypothèse sécuritaire).

1.4. EXPLOITATION / FORMULES

La formule de calcul est celle de l'Arrêté du 17 Avril 2009 :

$$S_p = \frac{0.074.C_m.\alpha_e}{R + 0.20}$$

Avec :

C_m Coefficient de réduction du facteur solaire dû à la présence d'un pare-soleil ventilé. Si les conditions de ventilation ne sont pas respectées (cf. ci-dessus §. 1.1 de la présente Annexe A) la lame d'air est considérée comme non ventilée et $C_m = 1$.

α_e Coefficient d'absorption énergétique utile de revêtement extérieur de la paroi, déterminé conformément à l'Arrêté du 17 Avril 2009 et sa Fiche d'Application version 1.1. (cf. ci-dessus §. 1.2 de la présente Annexe A).

R Résistance thermique totale de l'ensemble des couches de la paroi étudiée, incluant les lames d'air non ventilées dont la résistance équivalente est calculée conformément aux Règles Th-U édition 2012 avec flux descendant et une température moyenne T_m de 45°C.

2. HYPOTHESES POUR UN CALCUL RTG

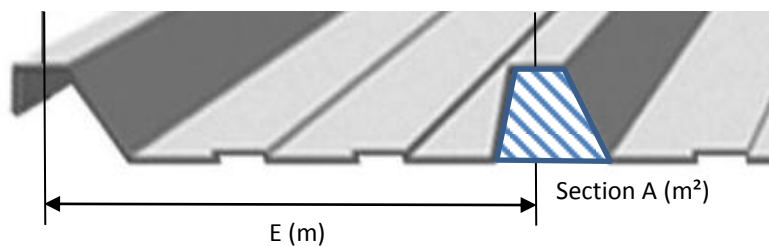
2.1. GÉOMÉTRIE

Dans le cas de la présence d'une lame d'air ventilée sur l'extérieur, la prise en compte de la ventilation d'une lame d'air peut être traitée de manière plus fine à l'aide, par exemple, d'un outil au volume fini. La connaissance de la longueur L du rampant et son inclinaison β est nécessaire.

Dans le cas général les orifices de ventilation se limitent à l'écoulement possible entre les ondes des tôles et les pannes. Ces orifices sont modélisés par une fente continue de section équivalente et d'épaisseur e_{eq} :



$$e_{eq} = \frac{h_{onde}}{2}$$



$$e_{eq} = \frac{A}{E}$$

Les tôles étant assimilées à une surface plane, l'épaisseur totale de la lame d'air est égale à la somme de la hauteur de la panne et de l'épaisseur de la fente équivalente e_{eq} .

2.2. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX ET DES SURFACES

Le coefficient d'absorption énergétique utile de la face extérieure α_e se détermine :

- Par un essai réalisé par un laboratoire COFRAC selon la norme EN 14500 après vieillissement artificiel selon NF EN ISO 4892-1 et NF EN ISO 4892-2 méthode A cycle 1 et un essai réalisé après exposition dans les conditions normales d'utilisation (en climat Guadeloupéen) par deux prélèvements après respectivement $\Delta t_1 = 6$ mois et $\Delta t_2 = 1$ an. Le coefficient d'absorption énergétique utile se détermine alors par la formule suivante :

$$\alpha_{e \text{ utile}} = \text{Max} \left(\alpha_{e \text{ vieilli}} ; \frac{\alpha_{e \text{ in situ } 2} - \alpha_{e \text{ in situ } 1}}{\Delta t_2 - \Delta t_1} \cdot (\Delta t_2 - \Delta t_1) + \alpha_{e \text{ in situ } 2} \right) + \Delta \alpha_e$$

Où :

$\alpha_{e \text{ vieilli}}$ Coefficient d'absorption énergétique du revêtement extérieur après vieillissement artificiel selon NF EN ISO 4892-1 et NF EN ISO 4892-2 méthode A cycle 1

$\alpha_{e \text{ in situ } 1}$ Coefficient d'absorption énergétique du revêtement extérieur après exposition après un temps Δt_1 dans les conditions normales d'utilisation (en climat Guadeloupéen)

$\alpha_{e \text{ in situ } 2}$ Coefficient d'absorption énergétique du revêtement extérieur après exposition après un temps Δt_2 dans les conditions normales d'utilisation (en climat Guadeloupéen)

Δt_1 Première durée d'exposition, exprimée en année (minimum 6 mois)

Δt_2 Seconde durée d'exposition, exprimée en année (minimum 1 an)

$\Delta \alpha_e$ Incertitude absolue de la mesure des coefficients d'absorption énergétique (si différente selon les essais, considérer l'incertitude la plus forte).

OU :

- Valeur par défaut, déterminé selon les mêmes principes que ceux utilisés en RTAA (cf. ci-dessus). A noter qu'en toiture, α_e ne peut pas alors être inférieur à 0.60 même pour les teintes les plus claires (prise en compte forfaitaire de l'empoussièrement).

Les émissivités utiles ε se déterminent de la même manière qu'en RTAA ; elles doivent être issues d'une mesure conforme à la norme NF EN 16012 en appliquant les principes de vieillissement artificiel du §. 2.4.1. du Cahier Technique n°7 rév A des référentiels de certification ACERMI, l'émissivité utile ε_u à considérer étant définie par :

$$\varepsilon_u = \text{Max}(\varepsilon_1; \varepsilon_2; \varepsilon_3; \varepsilon_4)$$

ε_1 Emissivité mesurée à l'état initial

ε_2 Emissivité mesurée après 500 h de rayonnement UV (45°C et 90% HR) puis 200 h de séchage à 70°C

ε_3 Emissivité mesurée après 28 jours à 70°C et 90% HR

ε_4 Emissivité mesurée après 60 jours à 70°C et 90% HR

A défaut, une valeur de $\varepsilon = 0.9$ sera à retenir. *NB : un produit réfléchissant bénéficiant d'une valeur d'émissivité certifiée ACERMI étant déjà soumis à ces essais, la valeur d'émissivité certifiée peut être utilisée directement comme valeur utile.*

2.3. CONDITIONS AUX LIMITES

Les hypothèses de calcul sont définies ci-dessous.

Conditions aux limites	Température d'ambiance (°C)	Coefficient d'échange superficiel (W/m ² .K)	Rayonnement solaire incident E (W/m ²)
Ambiance intérieure	25	7.7	-
Ambiance extérieure	25	25	500

Si un revêtement à faible émissivité est apparent sur la face intérieure, le coefficient h_i doit être corrigé selon les Règles Th-U édition 2012, en tenant compte de l'émissivité utile du revêtement (cf. ci-dessus), d'un coefficient convectif égal à 2.5 W/(m².K) quelle que soit l'inclinaison de la paroi et d'une température radiante de $T_m = 25^\circ\text{C}$.

Dans le cas de la présence d'une lame d'air ventilée sur l'extérieur, la température à l'entrée de la lame d'air ventilée est supposée égale à la condition aux limites extérieures (soit 25°C). Les coefficients de transfert convectif h_a dans la lame d'air sont déterminés de manière à obtenir un coefficient de transfert convectif global à vitesse dans la lame d'air nulle h_g égal à celui défini dans les Règles Th-U édition 2012 avec flux descendant. Cela suppose que le transfert convectif est indépendant de la vitesse d'air et fixé à une valeur limite basse, ce qui est sécuritaire. On obtient alors :

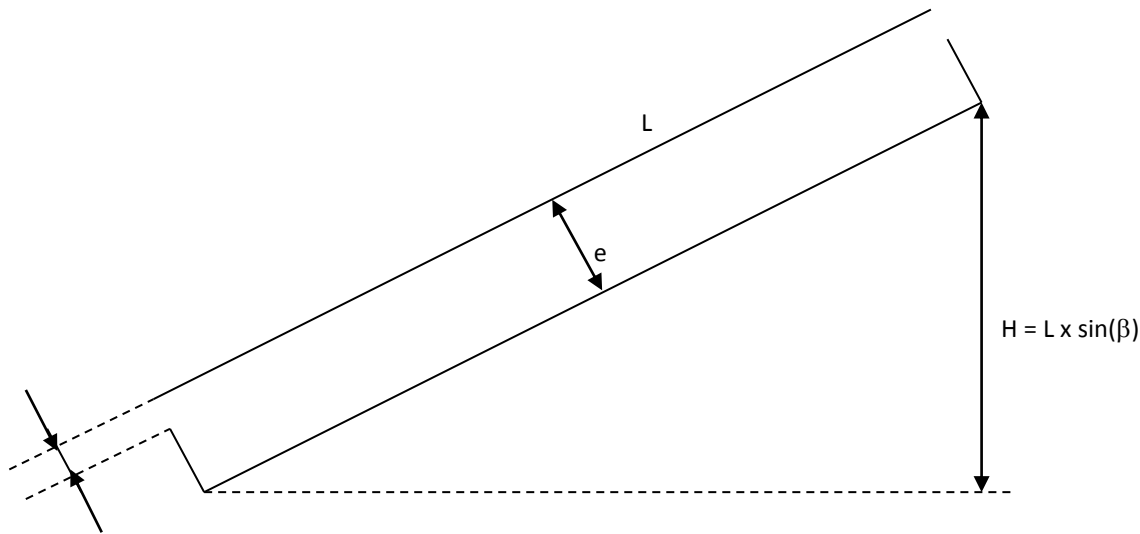
$$h_a = 2.h_g$$

Avec :

h_a Coefficient de transfert convectif dans la lame d'air ventilée, en W/(m².K)

h_g Coefficient de transfert convectif global dans la lame d'air non ventilée, en W/(m².K)

La vitesse d'air dans la lame d'air ventilée se calcule en se limitant à l'impact du tirage thermique. Un calcul itératif est réalisé pour obtenir un couplage thermo-aéraulique cohérent, en se basant sur l'Annexe B de la norme NF EN 13363-2 et les hypothèses suivantes :



$e_{\text{bas}} = e_{\text{haut}}$

- La pression motrice est proportionnelle à la différence d'altitude H entre le point d'entrée de l'air et le point de sortie
- Les pertes de charges régulières sont proportionnelles à la longueur L du rampant
- Les éventuelles entrées d'air par la couverture en partie courante sont négligées
- Les pertes de charges singulières liées aux ossatures intermédiaires situées entre l'entrée à la sortie de l'air sont négligées
- L'air est considéré comme un gaz parfait
- Les caractéristiques physiques de l'air sont calculées à la température moyenne atteinte dans la lame d'air : des itérations sont réalisées pour atteindre un couplage thermo-aéraulique cohérent.

La pression motrice s'exprime alors par la formule suivante :

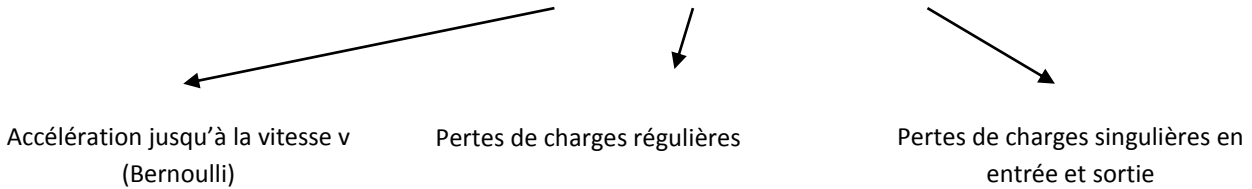
$$\Delta P = \frac{P_0}{r} \cdot g \cdot L \cdot \sin(\beta) \cdot \frac{|T_g - T_{\text{ext}}|}{T_g \cdot T_{\text{ext}}}$$

Où :

P_0	Pression atmosphérique de référence ($P_0 = 101325 \text{ Pa}$)
r	Constante massique des gaz parfaits pour l'air ($r = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$)
g	Accélération de la pesanteur ($g = 9.81 \text{ m}/\text{s}^2$)
L	Longueur du rampant
β	Inclinaison du rampant
T_{ext}	Température de l'air extérieur
T_g	Température moyenne dans la lame d'air

La pression motrice s'équilibre avec la vitesse atteinte dans la lame d'air et les pertes de charges :

$$\Delta P = \rho \cdot \frac{v^2}{2} + \frac{12 \cdot \mu \cdot L}{e^2} \cdot v + \rho \cdot \frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot v^2$$



Où :

- ρ, μ Caractéristiques physiques de l'air à 25°C
- e Epaisseur de la lame d'air
- v Vitesse de l'air dans la lame d'air
- Z_1, Z_2 Coefficient de pertes de charges singulières à l'entrée et à la sortie de la lame d'air, déterminées par les formules suivantes :

$$Z_1 = \left(\frac{e}{0.6 \cdot e_{bas}} - 1 \right)^2$$

$$Z_2 = \left(\frac{e}{0.6 \cdot e_{haut}} - 1 \right)^2$$

Pour une température moyenne dans la lame d'air donnée, la vitesse d'écoulement due au tirage thermique s'obtient donc par la formule suivante :

$$v = \frac{-\frac{12 \cdot \mu \cdot L}{e^2} + \sqrt{\Delta}}{\rho \cdot (1 + Z_1 + Z_2)}$$

Avec :

$$\Delta = \left(\frac{12 \cdot \mu \cdot L}{e^2} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{\rho \cdot P_0}{r} \cdot g \cdot L \cdot \sin(\beta) \cdot (1 + Z_1 + Z_2) \cdot \frac{|T_g - T_{ext}|}{T_g \cdot T_{ext}} \right)$$

2.4. EXPLOITATION / FORMULES

Dans le cas où aucune lame d'air ventilée sur l'extérieur n'est présente :

$$S_p = \frac{\alpha_{e_{utile}}}{h_e \cdot \left(R + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)}$$

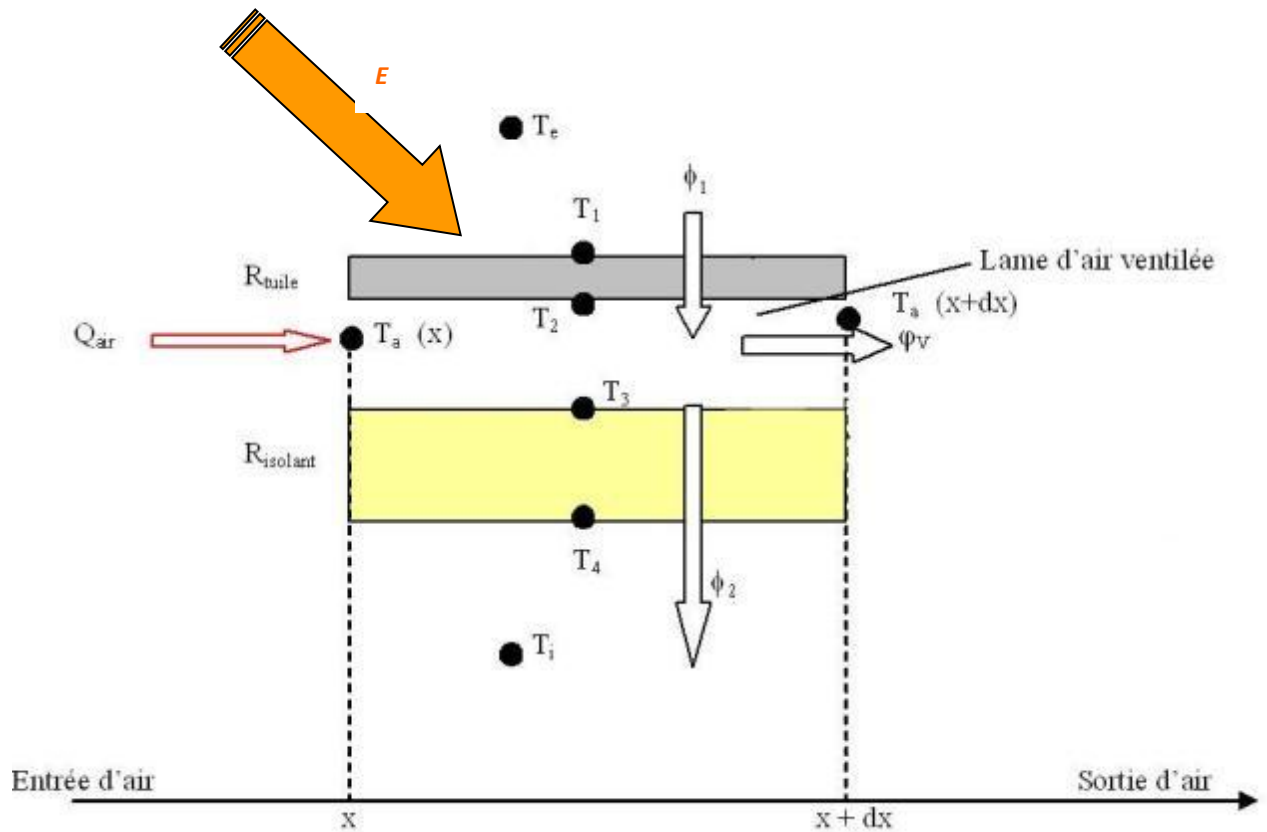
Avec :

$\alpha_{e_{utile}}$ Coefficient d'absorption énergétique utile de revêtement extérieur de la paroi, déterminé selon le §. 2.2 de la présente Annexe A.

R Résistance thermique totale de l'ensemble des couches de la paroi étudiée, incluant les lames d'air non ventilées dont la résistance équivalente est calculée conformément aux Règles Th-U édition 2012 avec flux descendant et une température moyenne T_m de 45°C.

h_i, h_e Coefficients d'échange superficiel intérieur et extérieur déterminés conformément au §. 2.3 de la présente Annexe A.

Dans le cas où une ou plusieurs lames d'air ventilées sur l'extérieur sont présentes :



Le facteur solaire est calculé à l'aide d'un modèle unidimensionnel aux volumes finis, alimenté par les conditions aux limites définies précédemment (cf. 2.2 et 2.3 de la présente Annexe A) et à l'aide d'un bilan enthalpique dans la lame d'air ventilée sur chaque nœud i :

$$\rho_{air} Q_{air} C_p T_a^i + \phi_1^i = \rho_{air} Q_{air} C_p T_a^{i+1} + \phi_2^i$$

Cela permet de remonter au facteur solaire global de la paroi intégrant l'effet de la ventilation :

$$S_p = \frac{\sum_i \phi_2^i}{E}$$