

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DU LOGEMENT, DE L'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES ET DE LA RURALITÉ

Arrêté du 11 janvier 2016 portant approbation de la méthode de calcul du coefficient de correction de facteur solaire Cm prévue à l'annexe III de l'arrêté du 17 avril 2009 modifié 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

NOR : ETLL1518648A

Publics concernés : maîtres d'œuvre, constructeurs et promoteurs.

Objet : définition de la méthodologie de calcul du coefficient de masque Cm défini dans l'arrêté du 17 avril 2009 modifié 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.

Entrée en vigueur : les dispositions du présent arrêté sont applicables aux bâtiments d'habitation dont la date de dépôt de la demande de permis de construire est postérieure au 1^{er} juillet 2016. Elles peuvent être applicables par anticipation aux bâtiments d'habitation dont la date de dépôt de la demande de permis de construire est postérieure au lendemain du jour de publication de l'arrêté.

Notice : afin d'apporter plus de souplesse dans la conception des protections solaires des baies, l'arrêté du 17 avril 2009 modifié 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 prévoit l'usage d'une méthode de calcul unifiée pour évaluer l'effet d'ombrage de ces protections. Le présent arrêté fournit cette méthodologie.

Références : le présent arrêté est pris pour application de l'arrêté du 17 avril 2009 précité. Les fichiers météorologiques nécessaires à l'application de la méthodologie sont disponibles sur demande à la direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages.

La ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et la ministre du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité,

Vu l'arrêté du 17 avril 2009 modifié 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 ;

Vu l'avis favorable du Conseil supérieur de la construction et de l'efficacité énergétique en date du 8 septembre 2015 ;

Vu l'avis du comité des finances locales (Conseil national d'évaluation des normes),

Arrêtent :

Art. 1^{er}. – La méthode de calcul du coefficient de masque Cm jointe en annexe au présent arrêté et prévue à l'annexe III de l'arrêté susvisé est approuvée.

Art. 2. – Les dispositions du présent arrêté s'appliquent aux projets de construction de bâtiments qui font l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable prévue à l'article L. 421-4 du code de l'urbanisme déposées à compter du 1^{er} juillet 2016. Elles peuvent être applicables par anticipation à compter du lendemain de la date de publication du présent arrêté.

Art. 3. – Le directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 11 janvier 2016.

*La ministre du logement,
de l'égalité des territoires
et de la ruralité,*

Pour la ministre et par délégation :

*Le directeur de l'habitat,
de l'urbanisme et des paysages,*

L. GIROMETTI

*La ministre de l'écologie,
du développement durable
et de l'énergie,*

Pour la ministre et par délégation :

*Le directeur de l'habitat,
de l'urbanisme et des paysages,*

L. GIROMETTI

ANNEXE

METHODE CONVENTIONNELLE DE CALCUL DU COEFFICIENT CM

1. Champ d'application

La méthode décrite ci-dessous permet de calculer les coefficients C_m de correction de facteurs solaires pour prise en compte de l'effet de masque pour une paroi ou une baie. Les masques pris en compte sont :

- les masques produits par les débords horizontaux (casquettes) et joues verticales latérales,
- les masques créés par des obstacles naturels (relief) ou des obstacles architecturaux lointains (effet d'ombrage induit par le bâtiment sur lui-même, par des bâtiments faisant partie du même projet de construction ou par des bâtiments existants).

La méthode n'est valable que pour des débords et joues non décalés par rapport au plan de la façade. Les casquettes et joues doivent respectivement avoir des longueurs et hauteurs supérieures ou égales à celles de la baie ou de la paroi.

2. Définition du coefficient de correction de facteur solaire C_m (coefficient de masque)

Le coefficient de masque C_m est défini conventionnellement comme le rapport entre la somme des rayonnements solaires atteignant la paroi ou la baie et la somme des rayonnements incidents sur la période critique définie selon les territoires ultra-marins et l'orientation de la baie ou de la paroi dans le tableau suivant :

	Guadeloupe et Martinique	Guyane	La Réunion
Nord	Du 1 ^{er} mai au 30 novembre	Du 1 ^{er} juillet au 30 novembre	Du 1 ^{er} février au 30 avril
Est et Ouest		Du 1 ^{er} août au 30 novembre	Du 1 ^{er} janvier au 28 février
Sud			

Les périodes retenues correspondent à une contrainte cumulée d'ensoleillement de façade et de température extérieure.

3. Liste des variables et paramètres

Nom	Description	Unité
Lettres minuscules latines		
ajour _c	Taux de percement de la casquette horizontale (débord)	-
ajour _g	Taux de percement de la joue gauche	-
ajour _d	Taux de percement de la joue droite	-
Alb	Albédo du sol pour le rayonnement solaire	-
Alpha	Azimut de la paroi ou de la baie	deg
Beta	Inclinaison de la paroi ou de la baie	deg
Dhm	Profondeur de la casquette horizontale (débord)	m
Dhp	Distance entre la paroi/la baie et la casquette horizontale (débord)	m
Dpd	Distance entre la paroi/la baie et la joue verticale droite	m
Dpg	Distance entre la paroi/la baie et la joue verticale gauche	m
Dvd	Profondeur de la joue verticale droite	m
Dvg	Profondeur de la joue verticale gauche	m
H	Heure solaire vraie comprise entre 0 et 23	h
Ho	Hauteur du masque lointain (par tranche azimutale Az)	rad
hp	Hauteur de la paroi ou de la baie	m
lat	Latitude du lieu	rad

latitude	Latitude du lieu	deg
lp	Largeur de la paroi ou de la baie	m
pcd	Prolongation horizontale de la casquette à droite	m
pcg	Prolongation horizontale de la casquette à gauche	m
pvd	Prolongation verticale de la joue verticale droite	m
pvg	Prolongation verticale de la joue verticale gauche	m
Lettres majuscules latines		
Az	Tranche azimutale	deg
F_{f-Dif}	Facteur d'ensoleillement diffus	-
F_{f-Dir}	Facteur d'ensoleillement direct	-
F_{f-Rp}	Facteur d'ensoleillement réfléchi	-
F_{h-Dif}	Facteur d'ensoleillement diffus dû à la casquette horizontale (débord)	-
F_{h-Dir}	Facteur d'ensoleillement direct dû à la casquette horizontale (débord)	-
F_{h-Ref}	Facteur d'ensoleillement réfléchi dû à la casquette horizontale (débord)	-
F_{vd-Dif}	Facteur d'ensoleillement diffus dû à la joue droite	-
F_{vd-Dir}	Facteur d'ensoleillement direct dû à la joue droite	-
F_{vd-Ref}	Facteur d'ensoleillement réfléchi dû à la joue droite	-
F_{vf-Dif}	Facteur d'ensoleillement diffus dû à la joue gauche	-
F_{vf-Dir}	Facteur d'ensoleillement direct dû à la joue gauche	-
F_{vf-Ref}	Facteur d'ensoleillement réfléchi dû à la joue gauche	-
Lettres minuscules grecques		
α	Azimut de la paroi ou de la baie	rad
β	Inclinaison de la paroi ou de la baie	rad
γ	Hauteur du soleil sur l'horizon	rad
ψ	Azimut du soleil par rapport au nord	rad
ω	Angle horaire	rad

4. Description du site et de la paroi ou de la baie

La latitude du lieu d'implantation du bâtiment est fixée conventionnellement aux valeurs suivantes :

Guadeloupe	+ 16,2°
Guyane	+ 4,0 °
Martinique	+ 14,5 °
La Réunion	- 20,9 °

La position de la paroi ou de la baie est décrite par son azimut α et son inclinaison β exprimés en degrés. Les conventions suivantes sont adoptées :

Paroi ou baie orientée :	alpha
Sud	0 °
Ouest	90 °
Nord	180 °
Est	270 °

Inclinaison de la baie	beta
Paroi ou baie horizontale	$\beta = 0^\circ$
Paroi ou baie verticale	$\beta = 90^\circ$

Ces valeurs sont converties en radians :

lat = latitude. $\pi / 180$

α = alpha. $\pi / 180$

β = beta. $\pi / 180$

5. Détermination de la position du soleil

La déclinaison solaire δ , exprimée en radians, est calculée par la formule [1] :

$$\delta = \frac{23,45\pi}{180} \sin \left\{ \left[0,986 \left(-15 + \frac{365}{12} i_{\text{mois}} \right) - 80 \right] \times \frac{\pi}{180} \right\} \quad \text{formule [1]}$$

avec i_{mois} ($h=1$) = 0,5 au premier janvier puis i_{mois} ($h+1$) = i_{mois} (h) + 12/(24 x 365).

La position du soleil est évaluée heure par heure par calcul de sa hauteur γ et de son azimut ψ avec :

$$\gamma = \sin^{-1} (\cos \delta . \cos (\text{lat}) . \cos \omega + \sin \delta . \sin (\text{lat})) \quad \text{formule [2]}$$

$$\psi = \cos^{-1} \left[\cos \delta . \sin (\text{lat}) . \cos \omega - \sin \left(\delta \times \frac{\cos (\text{lat})}{\cos \gamma} \right) \times \text{sgn}(\omega) \right] \quad \text{formule [3]}$$

Avec l'angle horaire ω qui s'exprime sous la forme :

$$\omega = \pi \left(1 - \frac{h}{12} \right) \text{ en radians}$$

Note – Les valeurs de l'azimut à 12h doivent être forcées selon la position du soleil à 11h. Si la position du soleil à 11h est au Sud, prendre 0 sinon prendre $\pi/2$.

6. Rayonnement solaire incident sur une paroi ou une baie

Le rayonnement solaire incident sur le plan étudié est calculé au pas de temps horaire comme la somme des rayonnements solaires direct D_{rp} , diffus D_{fp} et réfléchi R_{rp} incidents.

Le rayonnement solaire direct incident est calculé à partir du rayonnement direct normal I_{Dn} au plan étudié et de l'angle θ entre ce rayonnement et la normale au plan.

$$D_{\text{rp}} = \cos \theta . I_{\text{Dn}} \quad \text{formule [4]}$$

avec : $\theta = \min \left[\frac{\pi}{2}; \arccos (\cos \gamma . \sin \beta . \cos (\psi - \alpha) + \sin \gamma . \cos \beta) \right]$

Le rayonnement solaire diffus incident D_{fp} est fonction du rayonnement diffus horizontal D_{thor} en considérant une répartition isotrope dans la demi-sphère céleste.

$$D_{\text{fp}} = I_{\text{Di}} \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad \text{formule [5]}$$

Le rayonnement solaire réfléchi par le sol est considéré isotrope. Le rayonnement réfléchi incident est fonction de l'inclinaison du plan étudié, de l'albédo du sol et du rayonnement global horizontal ($I_{\text{Dh}} + I_{\text{di}}$). L'albédo du sol pour le rayonnement solaire est pris égal à 0,2 par convention.

$$R_{\text{rp}} = (I_{\text{Dh}} + I_{\text{di}}) . \text{alb} . (1 - |\cos \beta|) \quad \text{formule [6]}$$

Avec : $I_{\text{Dh}} = I_{\text{Dn}} . \sin \gamma$

7. Les effets de masque

Lorsque la paroi ou la baie est horizontale ($\beta=0$) ou qu'il n'y a pas de soleil dans le plan concerné ($\cos (\psi - \alpha) < 10^{-5}$), l'effet de masque est nul. L'ensemble des facteurs de masque appliqués aux différentes composantes du rayonnement solaire est unitaire : $F_{\text{f-Dif}} = F_{\text{f-Dir}} = F_{\text{f-Rp}} = 1$.

7.1 Les masques proches

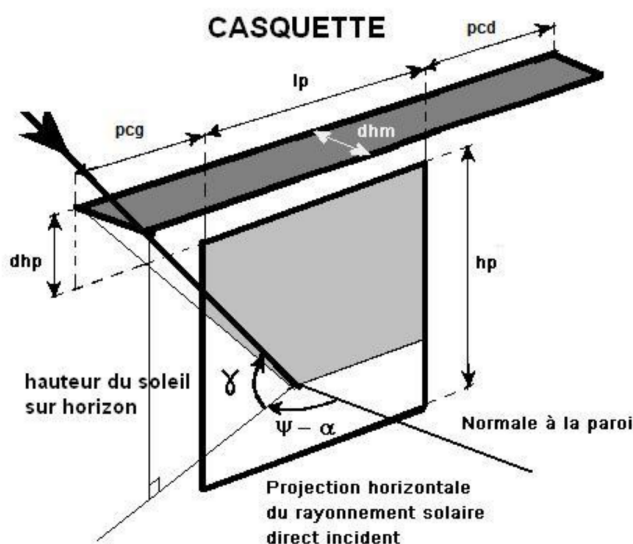
Le calcul, au pas de temps horaire, considère séparément les composantes directes, réfléchies et diffuses. La méthodologie consiste à :

1. Déterminer si le soleil entre dans la paroi ou la baie considérée,
2. Déterminer la part masquée respectivement par la casquette horizontale, la joue gauche et la joue droite pour les composants solaires directes, diffuses et réfléchies,
3. Déterminer le facteur de masque au rayonnement solaire direct comme la superposition de chaque partie masquée par les différents éléments de longueur limitée autour de la baie ou de la paroi.

7.1.1 Casquette horizontale

Ce chapitre s'applique à tout masque de type casquette tel qu'un débord, limité ou non à la largeur de la baie ou de la paroi, décalé verticalement ou non par rapport au bord supérieur de la baie. La casquette peut être opaque ou ajourée.

Le schéma ci-dessous précise les variables caractérisant la géométrie du débord horizontal (ou casquette horizontale).



Composante directe

Le facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire pour sa composante directe est donné par la formule générale ci-après.

$$F_{h-dir} = F_{h-dir-g} \times F_{h-dir-d} \quad \text{formule [7]}$$

$$\text{Si } \psi - \alpha = 0 \text{ alors } F_{h-dir} = 1 - \max\left(0; \min\left(1; \frac{dhm' - dhp}{hp}\right)\right) \times (1 - \text{ajour}_c)$$

$$\text{Si } \cos(\psi - \alpha) < 10^{-5} \text{ alors } F_{h-dir} = 1$$

Pour la partie droite de la casquette, éventuellement prolongée :

$$F_{h-dir-d} = 1 - \frac{A_{1d} \times A_{2d} + (A_{4d} - A_{2d}) \times (A_{1d} + A_{3d}) / 2}{hp \times lp} \times (1 - \text{ajour}_c) \quad \text{formule [8]}$$

$$A_{1d} = \max [0 ; \min (lp ; (lp + pcd) + \min (dhp ; dhm') \times \gamma']$$

$$A_{2d} = \max [0 ; \min (hp ; dhm' - dhp ; - pcd / \gamma' - dhp)]$$

$$A_{3d} = \max [0 ; \min (lp ; (lp + pcd) + \min (dhp+hp ; dhm') \times \gamma')]$$

$$A_{4d} = \max [0 ; \min (hp ; dhm' - dhp ; - (pcd+lp) / \gamma' - dhp)]$$

Pour la partie gauche de la casquette, éventuellement prolongée :

$$F_{h\text{-dir-g}} = 1 - \frac{A_{1g} \times A_{2g} + (A_{4g} - A_{2g}) \times (A_{1g} + A_{3g}) / 2}{hp \times lp} \times (1 - \text{ajour}_c) \quad \text{formule [9]}$$

$$A_{1g} = \max [0 ; \min (lp ; (lp + pcg) - \min (dhp ; dhm') \times \gamma')]$$

$$A_{2g} = \max [0 ; \min (hp ; dhm' - dhp ; pcg / \gamma' - dhp)]$$

$$A_{3g} = \max [0 ; \min (lp ; (lp + pcg) - \min (dhp+hp ; dhm') \times \gamma')]$$

$$A_{4g} = \max [0 ; \min (hp ; dhm' - dhp ; (pcg+lp) / \gamma' - dhp)]$$

Avec $dhm' = \frac{dhm \times \tan \gamma}{\cos(\psi - \alpha)}$ et $\gamma' = \frac{\sin(\psi - \alpha)}{\tan \gamma}$

Composante diffuse

Le facteur d'affaiblissement du rayonnement solaire pour sa composante diffuse est donné par la formule ci-après.

$$F_{h\text{-dif}} = \frac{\tan^{-1}\left(\frac{dhp + hp/2}{dhm}\right)}{\pi/2} \times \left[1 - \frac{\tan^{-1}\left(\frac{dhp + hp/2}{lp/2 + (pcg + pcd)/2}\right)}{\pi/2} \right] \times (1 - \text{ajour}_c) \quad \text{formule [10]}$$

Composante réfléchi

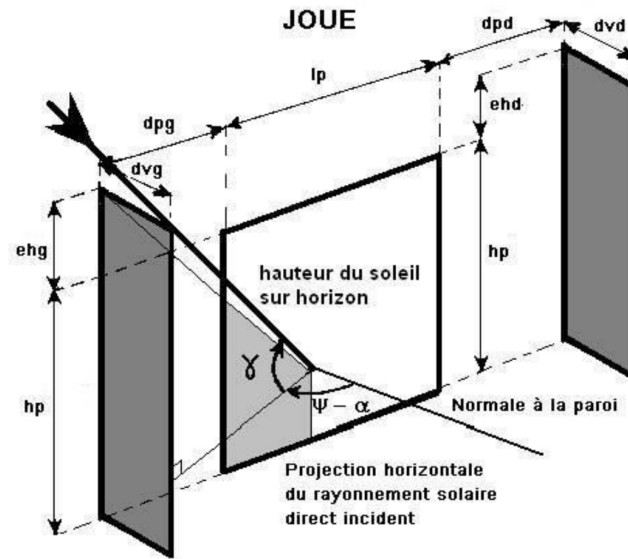
Le débord horizontal situé au-dessus de la baie ou de la paroi ne crée pas de masque pour le rayonnement réfléchi provenant du sol.

$$F_{h\text{-ref}} = 1$$

7.1.2 Joes verticales

Ce chapitre s'applique à tout masque latéral vertical (pare solaire latéral, aile de bâtiment) limité ou non à la hauteur de la baie ou de la paroi, décalé horizontalement ou non par rapport aux bords latéraux de la baie. La joue peut être opaque ou ajourée.

Le schéma ci-dessous précise les variables caractérisant la géométrie des joes.



Composante directe

Le facteur d'affaiblissement solaire pour la composante directe s'exprime sous la forme :

Pour la joue droite :

Si $\psi - \alpha = 0$, alors $F_{vd-dir} = 1$

Sinon :

$$F_{vd-dir} = 1 - \frac{B_{1d} \cdot B_{2d} + (B_{4d} - B_{2d}) \times (B_{1d} + B_{3d}) / 2}{h_p \times l_p} \times (1 - \text{ajour}_{jd}) \quad \text{formule [11]}$$

$$B_{1d} = \max [0 ; \min (h_p ; (h_p + pvd) + \min (dpd ; dvd') / \gamma')]$$

$$B_{2d} = \max [0 ; \min (l_p ; dvd' - dpd ; - pvd \times \gamma' - dpd)]$$

$$B_{3d} = \max [0 ; \min (h_p ; (h_p + pvd) + \min (dpd + l_p ; dvd') / \gamma')]$$

$$B_{4d} = \max [0 ; \min (l_p ; dvd' - dpd ; - (pvd + hp) \times \gamma' - dpd)]$$

avec $dvd' = - dvd \times \tan(\psi - \alpha)$ et $\gamma' = \frac{\sin(\psi - \alpha)}{\tan \gamma}$

Pour la joue gauche :

Si $\psi - \alpha = 0$, alors $F_{vg-dir} = 1$

Sinon :

$$F_{vg-dir} = 1 - \frac{B_{1g} \cdot B_{2g} + (B_{4g} - B_{2g}) \times (B_{1g} + B_{3g}) / 2}{h_p \times l_p} \times (1 - \text{ajour}_{jg}) \quad \text{formule [12]}$$

$$B_{1g} = \max [0 ; \min (h_p ; (h_p + pvg) - \min (dpg ; dvg') / \gamma')]$$

$$B_{2g} = \max [0 ; \min (l_p ; dvg' - dpg ; pvg \times \gamma' - dpg)]$$

$$B_{3g} = \max [0 ; \min (h_p ; (h_p + pvg) - \min (dpg + l_p ; dvg') / \gamma')]$$

$$B_{4g} = \max [0 ; \min (l_p ; dvg' - dpg ; (pvg + hp) \times \gamma' - dpg)]$$

avec : $dvg' = dvg \times \tan(\psi - \alpha)$ et $\gamma' = \frac{\sin(\psi - \alpha)}{\tan \gamma}$

Composante diffuse

Le facteur d'affaiblissement solaire pour la composante diffuse s'exprime sous la forme :

$$\text{Pour la joue droite : } F_{\text{vd-dif}} = \left[\frac{1}{2} + \frac{\tan^{-1}\left(\frac{lp/2 + dpd}{dvd}\right)}{\pi} \right] \times (1 - F_{\text{difcor,d}}) \times (1 - \text{ajour}_{j,d}) \quad \text{formule [13]}$$

$$\text{avec } F_{\text{difcor,d}} = \frac{\tan^{-1}\left(\frac{lp/2 + dvd}{hp/2 + pvd}\right)}{\pi/2}$$

$$\text{Pour la joue gauche : } F_{\text{vg-dif}} = \left[\frac{1}{2} + \frac{\tan^{-1}\left(\frac{lp/2 + dpd}{dvg}\right)}{\pi} \right] \times (1 - F_{\text{difcor,g}}) \times (1 - \text{ajour}_{j,g}) \quad \text{formule [14]}$$

$$\text{avec } F_{\text{difcor,g}} = \frac{\tan^{-1}\left(\frac{lp/2 + dvg}{hp/2 + pvg}\right)}{\pi/2}$$

Composante réfléchie

La composante réfléchie est prise égale à la composante diffuse.

$$\text{Pour la joue droite : } F_{\text{vd-ref}} = F_{\text{vd-dif}} \quad \text{formule [15]}$$

$$\text{Pour la joue gauche : } F_{\text{vg-ref}} = F_{\text{vg-dif}} \quad \text{formule [16]}$$

7.1.3 Combinaisons de débord et de joues

$$\text{Facteur de masque composé pour la composante directe : } F_{f\text{-dir}} = F_{h\text{-dir}} \times F_{vg\text{-dir}} \times F_{vd,dir} \quad \text{formule [17]}$$

$$\text{Facteur de masque composé pour la composante diffuse : } F_{f\text{-dif}} = F_{h\text{-dif}} \times F_{vg\text{-dif}} \times F_{vd,dif} \quad \text{formule [18]}$$

$$\text{Facteur de masque composé pour la composante réfléchie : } F_{f\text{-ref}} = F_{h\text{-ref}} \times F_{vg\text{-ref}} \times F_{vd,ref} \quad \text{formule [19]}$$

7.2 Masque lointain défini par tranches azimutales

Les masques lointains considérés sont les masques urbains et les masques du au relief. Ils sont caractérisés par une hauteur sur l'horizon. Pour les masques urbains, l'effet de masque peut être différent selon le niveau auquel se trouve la baie. Pour chaque pas de 10° autour du bâtiment, le masque lointain est déterminé soit directement par l'angle de vue jusqu'au sommet de l'obstacle soit par sa hauteur et sa distance vis-à-vis du bâtiment.

Le calcul est mené pour 36 tranches azimutales d'une amplitude de 10°. Pour chaque heure, la valeur du masque dépend directement de la hauteur du soleil dans la tranche azimutale où se trouve le soleil. Si l'angle du soleil est inférieur à l'angle de masque lointain, le coefficient de masque est pris égal à zéro.

Les facteurs d'ensoleillement pour les différentes composantes du rayonnement s'expriment sous la forme :

Rayonnement direct : $F'_{f\text{-dir}} = F_{f\text{-dir}} \times FE_{Az}$ *formule [20]*

Rayonnement diffus : l'effet de masque lointain est négligé.

Rayonnement réfléchi : l'effet de masque lointain est négligé.

avec $FE_{Az} = \begin{cases} 0 & \text{si } h_o \geq \gamma \\ 1 & \text{si } h_o < \gamma \end{cases}$, h_o étant la hauteur du masque lointain exprimé en radian correspondant à la tranche azimutale Az exprimée en radian.

8. Détermination du coefficient de correction C_m (coefficient de masque)

Le coefficient C_m est déterminé par la formule 21. Les sommes s'effectuent sur l'ensemble des heures de la période critique définie par département et par orientation dans la partie 2 de la présente annexe.

$$C_m = \frac{\sum_{h \text{ période critique}} Drp^* + Dfp^* + Rrp^*}{\sum_{h \text{ période critique}} Drp + Dfp + Rrp} \quad \text{formule [21]}$$

Avec : Composante directe : $Drp^* = Drp \times F'_{f\text{-dir}}$

Composante diffuse : $Dfp^* = Dfp \times F'_{f\text{-dir}}$

Composante réfléchie : $Rrp^* = Rrp \times F'_{f\text{-ref}}$