



FICHE D'APPLICATION DE LA REGLEMENTATION ENERGETIQUE DES

BATIMENTS

EN POLYNESIE FRANCAISE

**FICHE THEMATIQUE N°5 :
OUTIL DE CALCUL DES COEFFICIENTS DE MASQUE ET DES
FACTEURS SOLAIRES DES FACADES (Outil Cm FS)**



Cette fiche a pour objectif de guider les concepteurs et professionnels en charge du contrôle de la conformité des projets dans l'utilisation des outils de calculs des facteurs solaires des parois opaques verticales (murs) et des baies. Au travers de cette fiche, on apporte la réponse aux questions suivantes :

Quels sont les calculs réalisés par les outils ?

Comment modéliser les éléments de mon projet (murs, baies) soumis à un objectif de facteur solaire maximal ?

Quels sont les masques architecturaux modélisables et comment les modéliser ?

Comment vérifier que mes éléments sont conformes ?

Version juin 2023

SOMMAIRE

I.	Introduction	3
1.	Préambule.....	3
2.	Présentation des outils	3
II.	Périmètre du calcul	4
1.	Parois opaques (murs)	4
2.	Baies	4
III.	Masques architecturaux : calcul du Cm.....	6
1.	Préambule.....	6
2.	Orientation de l'élément considéré.....	6
3.	Dimensions de l'élément considéré	7
4.	Modélisation d'une protection solaire horizontale droite (débord ou casquette)	9
5.	Modélisation des joues latérales gauche et droite	10
6.	Modélisation d'une protection verticale de face.....	13
7.	Modélisation des autres types de protection solaire	16
8.	Limites de l'outil	24
9.	Résultat.....	26
IV.	Masque de site	27
1.	Préambule.....	27
2.	Azimut.....	27
3.	Masques urbains.....	28
4.	Masques lointains	29
5.	Résultat.....	29
V.	Calcul du facteur solaire des parois opaques verticales (murs).....	30
1.	Préambule.....	30
2.	Type de paroi opaque / saisie de la résistance thermique.....	30
3.	Teinte / Coefficient d'absorption	32
4.	Résultat.....	33
5.	Recommandations.....	33
VI.	Calcul du facteur solaire des baies.....	34
1.	Préambule.....	34
2.	Facteur solaire d'une baie simple FSo.....	34
3.	Facteur solaire d'une baie simple avec protection rapportée	35
4.	Pourcentage de la surface de menuiserie par rapport à la façade	36
5.	Résultat.....	36
6.	Recommandations.....	36

1. Préambule

Il existe d'innombrables solutions techniques pour protéger les façades d'un bâtiment des apports solaires, c'est pourquoi la réglementation est élaborée pour garantir une grande liberté architecturale quant au choix des processus constructifs.

Cette liberté est rendue possible par la mise en place d'une méthodologie de calcul permettant de déterminer l'efficacité de la protection thermique des complexes de façade.

Celle-ci est basée sur le calcul du **facteur solaire** qui correspond à la capacité d'une paroi ou d'une baie et de sa protection à transmettre, à l'intérieur du bâtiment, tout ou partie de l'énergie solaire qu'ils reçoivent. Un tel indicateur implique une exigence de résultat, plutôt qu'une exigence de moyens, pour se conformer à la réglementation.

Pour déterminer la performance des éléments architecturaux créant un effet de masque (casquette, brise-soleil, débord de toiture, flancs de protection, etc.), le Pays a décidé de mettre en place deux outils informatiques appelés « Outil Cm FS mur » et « Outil Cm FS Baie ».

2. Présentation des outils

Les outils ont été réalisés par le CEREMA ; organisme à l'origine d'un outil similaire pour le calcul du coefficient de masque Cm d'une protection solaire d'un mur ou d'une paroi dans le cadre de la RTAADOM. Ils sont édités au format .xlsx et fonctionnent avec le programme EXCEL du pack office Microsoft ou tout autre programme compatible.

Dans le cas de la REBPF, il y a deux fichiers distincts, un pour les murs et un pour les baies, qui permettent également de **calculer directement le facteur solaire de la solution technique**.

Chaque outil se décompose en 2 parties :

1/ Le calcul du coefficient de masque Cm

Ce calcul est réalisé à partir des paramètres suivants :

- Orientation de la façade
- Dimensions de la protection solaire éléments par éléments (casquette, joues, masques verticaux, etc.)
- Position des masques dus au site : proches et lointains

2/ Le calcul du facteur solaire FS associé

Ce calcul est réalisé selon les paramètres suivants :

- Pour les murs :
 - Caractéristiques thermiques de la paroi
 - Teinte de la paroi (coefficient d'absorption)
 - Valeur du Cm calculé dans la partie précédente
- Pour les baies :
 - Caractéristiques thermiques du vitrage
 - Présence et type de protection rapportée
 - Valeur du Cm calculé dans la partie précédente

L'outil affiche une représentation schématique du mur ou de la baie et de sa protection solaire ainsi qu'une représentation graphique sous forme de diagramme pour les masques du site

Il y a bien sûr des éléments constructifs qui ne peuvent être pris en compte par l'outil mais il existe néanmoins des astuces pour représenter tout ou partie de ces éléments et calculer un coefficient de masque le plus proche possible de la réalité. Pour les autres cas où l'outil ne le permet pas, des études spécifiques, utilisant d'autres outils informatiques (STD/SED) peuvent être réalisées par le pétitionnaire.

A noter : l'outil s'utilise même si aucun masque ne protège les façades du projet de construction !

II. PERIMETRE DU CALCUL

Le logiciel permet de calculer le Cm et le facteur solaire d'une seule configuration constructive à la fois définie par une orientation, un type de mur ou de baie, un type de protection solaire et éventuellement un masque de site.

Il semble plus indiqué de procéder aux calculs façade par façade, soit par orientation, en premier lieu.

Ensuite, les façades présentant plusieurs types de protections solaires, plusieurs types de murs ou baies ou des masques de site différents sont décomposées en différentes configurations qui sont chacune calculées séparément.

Le périmètre de chaque configuration doit être au préalable bien défini avant de démarrer les calculs.

Ce périmètre est nécessairement adapté en fonction du type de masques architecturaux.

1. Parois opaques (murs)

Il n'est pas nécessaire de dissocier les configurations d'allèges ou de linteaux des murs pleins. Les murs équipés de baies sont modélisés en entier, sans que les baies ne soient représentées.

En général, tous les types de masques architecturaux peuvent être modélisés sur une façade à plusieurs étages, hormis les protections par débord ou casquette qui ne peuvent être modélisées qu'une seule fois.

Pour ces dernières, il est nécessaire de définir le périmètre de telle manière qu'une configuration corresponde à un unique débord ou casquette. Le logiciel ne permettant pas de modéliser une protection solaire horizontale au milieu d'un mur, la configuration doit être découpée de telle sorte que le mur s'arrête sous le débord ou casquette. Lorsque chaque étage présente une configuration identique, et s'il n'y a pas de masque de site (ou que celui-ci n'est pas pris en compte), il suffit de calculer un seul étage pour connaître le facteur solaire de la façade.

2. Baies

Chaque configuration est définie par les paramètres suivants :

- Orientation ;
- Dimension de la baie ;
- Type de protection solaire ;
- Dimension de protection solaire ;
- Position de protection solaire ;
- Altitude de la baie (si masques de site).

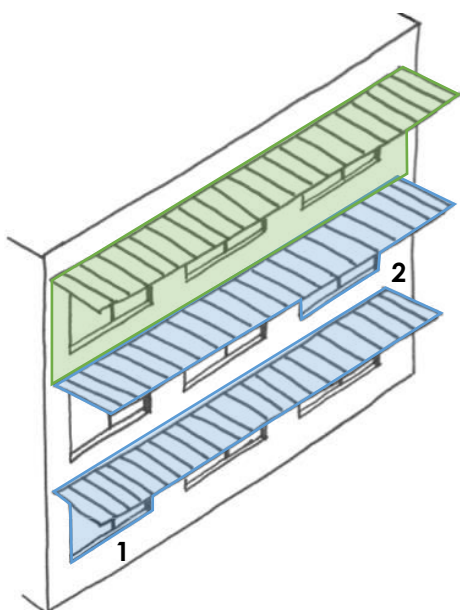
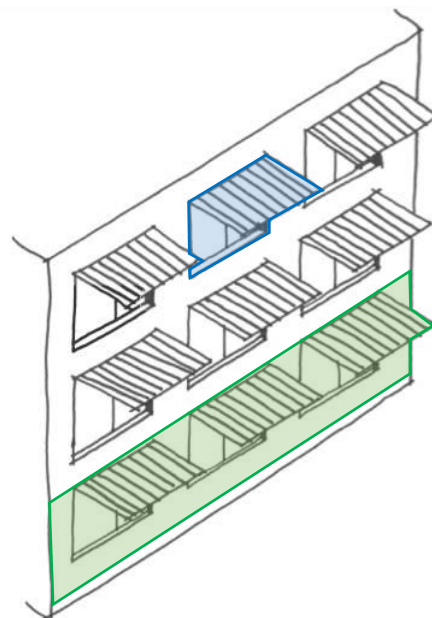
En cas de protection solaire filante sur une façade (casquette ou écran de face), il est possible de ne calculer que les configurations sur les extrémités de façade pour en déduire que les configurations au milieu sont conformes.

Exemples :

1. Cas d'une façade à plusieurs étages avec des protections solaires type casquette qui se répètent.

La configuration de la baie est répétée 9 fois.

La configuration de mur est répétée 3 fois



2. Cas d'une façade à plusieurs étages avec des protections solaires filantes

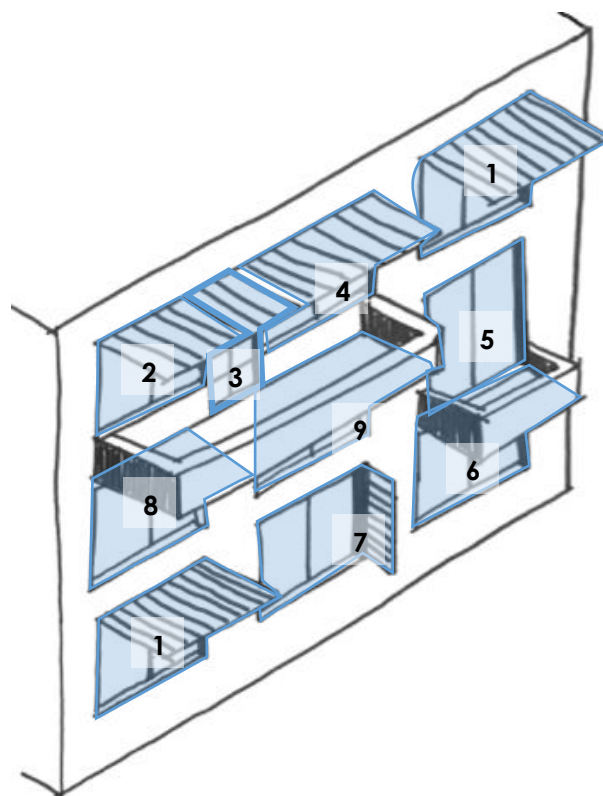
Il suffit que calculer deux configurations de baie (« 1 » et « 2 » sur le schéma) pour en déduire que toutes les baies sont conformes.

Une seule configuration de mur a besoin d'être calculée.

3. Cas d'une façade présentant des protections solaires de baies très différentes

Seule la protection solaire de type « casquette » observée sur les baies n°1 sont identiques. Toutes les autres configurations de baies doivent être calculées.

On note tout de même que dimensionner la profondeur de la casquette des baies n°1 et appliquer cette profondeur aux protections des baies n°2, 4, 8, 9 et 6, nous permet d'éviter le calcul de leur facteur solaire. En effet, ces protections étant plus étendues, il est certain qu'elles respecteront le seuil fixé (sous réserve qu'elles se positionnent au même endroit). En d'autres termes, la configuration n°1 peut être considérée comme une version « défavorable » des configurations n°2, 4, 8, 9 et 6.



III. MASQUES ARCHITECTURAUX : CALCUL DU CM

1. Préambule

Le coefficient de masque est calculé en fonction :

- De la dimension et de l'orientation de la paroi ou de la baie
- Du type, des dimensions et de la position de l'élément architectural par rapport à la paroi ou la baie,

Il prend en compte les valeurs d'incidences solaire diffuse et directe moyennées sur des périodes représentatives en fonction de l'orientation. Le détail des formules de calcul et des hypothèses est indiqué en annexe de l'arrêté n°2028 CM du 30 septembre 2022 portant dispositions d'application du livre II du code de l'aménagement de Polynésie française relatif à la réglementation énergétique des bâtiments.

Les données solaires sont issues d'un fichier météorologique construit à partir des relevés historiques de Météo France depuis la station située à Faa'a sur l'île de Tahiti.

Ce calcul est réalisé dans l'onglet « Masque archi ».

1 - Effet des masques architecturaux - Calcul du coefficient de masque Cm

Orientation de la baie	
Secteur d'Orientation OU Orientation précise (° N)	Saisie précise 0
Dimensions de la baie	
Largeur en m	1,00
Hauteur en m	1,00
Surface en m² (calcul)	1,00
Données sur débord ou casquette	
Profondeur en m	0,00
Données sur joue gauche	
Profondeur en m	0,00
Données sur joue droite	
Profondeur en m	0,00
Données sur brise soleil de face	
pas de masque	
Décalés et prolongations	
- vers le haut en m	0,00
- vers la gauche en m	0,00
- vers la droite en m	0,00

§ III.2. Orientation de l'élément considéré

§ III.3. Dimensions de l'élément considéré

§ III.4. Modélisation d'une casquette ou d'un débord

§ III.5. Modélisation d'une joue latérale

§ III.6. Modélisation d'une protection de face

Décalage et prolongements (§IV.4, IV.5, IV.6)

§ V.5 Résultat

Résultat : Cm = 1,00

donc part d'0 à l'effet des masques latéraux et urbains - 0%

2. Orientation de l'élément considéré

L'orientation peut être renseignée de deux manières différentes :

- Par secteur d'orientation, par exemple : Nord, Sud-Est ou Nord-Ouest ;
- Par degré d'orientation par rapport au Nord (°N), par exemple : 67°N, 240 °N, 310 °N.

Les orientations sont définies comme suit :

L'angle de 0° est déterminé pour la direction Nord.

Angles	Orientation
de 337,5 ° à 22,5 °	Nord
de 22,5 ° à 67,5 °	Nord-Est
de 67,5 ° à 112,5 °	Est
de 112,5 ° à 157,5 °	Sud-Est
de 157,5 ° à 202,5 °	Sud
de 202,5 ° à 247,5 °	Sud-Ouest
de 247,5 ° à 292,5 °	Ouest
de 292,5 ° à 337,5 °	Nord-Ouest

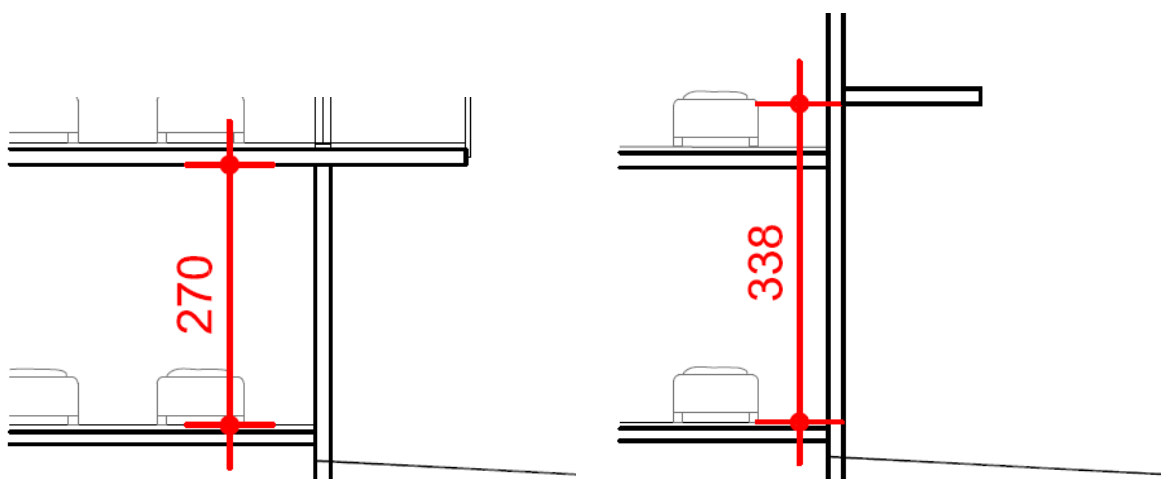
La méthodologie pour connaître l'orientation d'une façade est indiquée dans les fiches d'application relatives aux parois opaques verticales et aux baies.

3. Dimensions de l'élément considéré

A. DIMENSIONS A CONSIDERER POUR UN MUR

Les dimensions de la paroi verticale correspondent au périmètre de la configuration concernée, il s'agit de la largeur et de la hauteur intérieure de la façade, c'est-à-dire la surface murale vue de l'intérieur du bâtiment.

Exemple

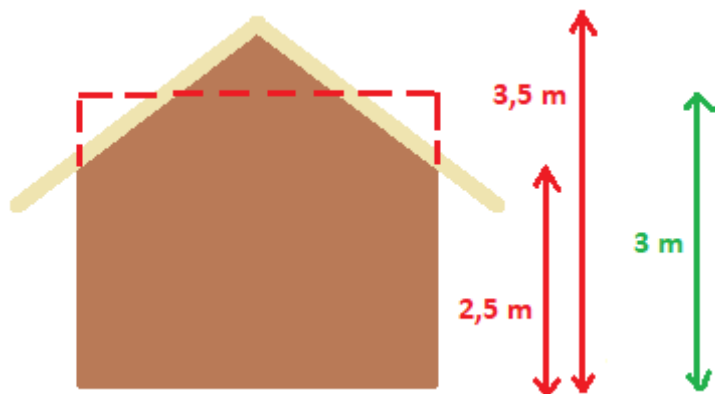


À gauche, la casquette se situe sous le niveau fini du volume habité de l'étage du dessus, la hauteur du mur à prendre en compte se trouve entre le niveau de sol fini et l'arase inférieure du plafond dans le volume intérieur.

À droite, la casquette se situe au-dessus du niveau fini du volume habité de l'étage du dessus, la hauteur du mur à prendre en compte se trouve entre le niveau de sol fini de l'étage inférieur et l'arase inférieure de la casquette.

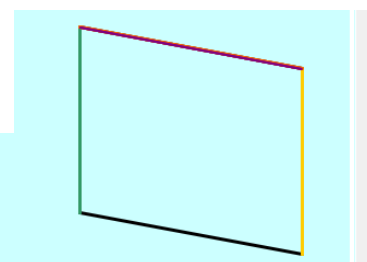
En cas de mur incliné, on modélise un mur à bords droits dont la hauteur est la moyenne entre la hauteur haute et la hauteur basse du mur.

Exemple



Pour cette configuration, la hauteur du mur à prendre en compte est de 3 mètres.

Dimensions de la paroi verticale	
Largeur en m	3,00
Hauteur en m	3,00
Surface en m ² (calcul)	9,00

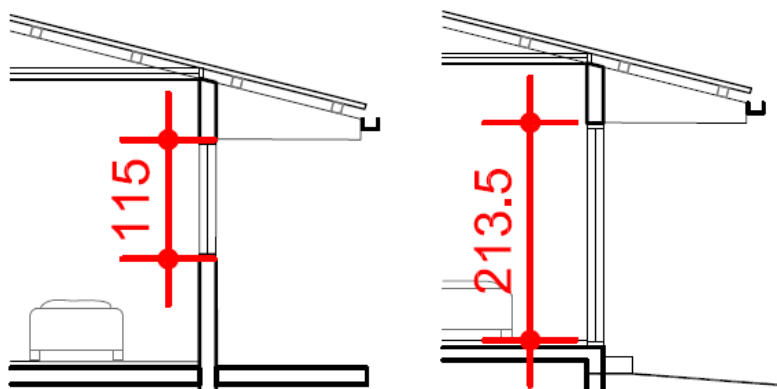


B. DIMENSIONS A CONSIDERER POUR UNE BAIE

Les dimensions de la baie correspondent au tableau au sein duquel est inséré la baie. Ainsi les dimensions incluent les parties ouvrantes et les parties dormantes (châssis ou cadre) de la baie.

La dimension en hauteur de la baie est déterminée à partir du niveau du sol fini, si la partie basse de la baie se trouve être en dessous.

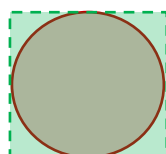
Exemples



À gauche, la dimension en hauteur de la baie correspond à la hauteur du tableau.

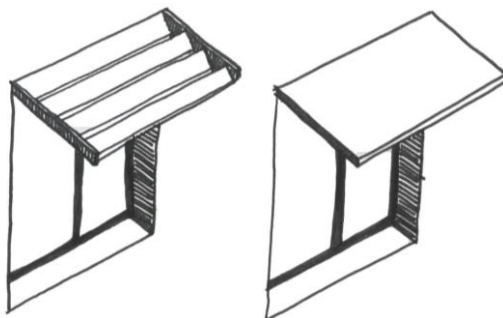
À droite, la dimension en hauteur de la baie correspond à la distance entre le niveau de sol fini et la sous-face du linteau de tableau.

En cas de baie en forme arrondie, par exemple de type hublot, un carré circonscrivant la forme arrondie est modélisé.



4. Modélisation d'une protection solaire horizontale droite (débord ou casquette)

Cette partie traite des protections solaires horizontales droites, c'est-à-dire non inclinées, telles que les casquettes ou les débords de toiture, que ceux-ci soient pleins ou ajourés.

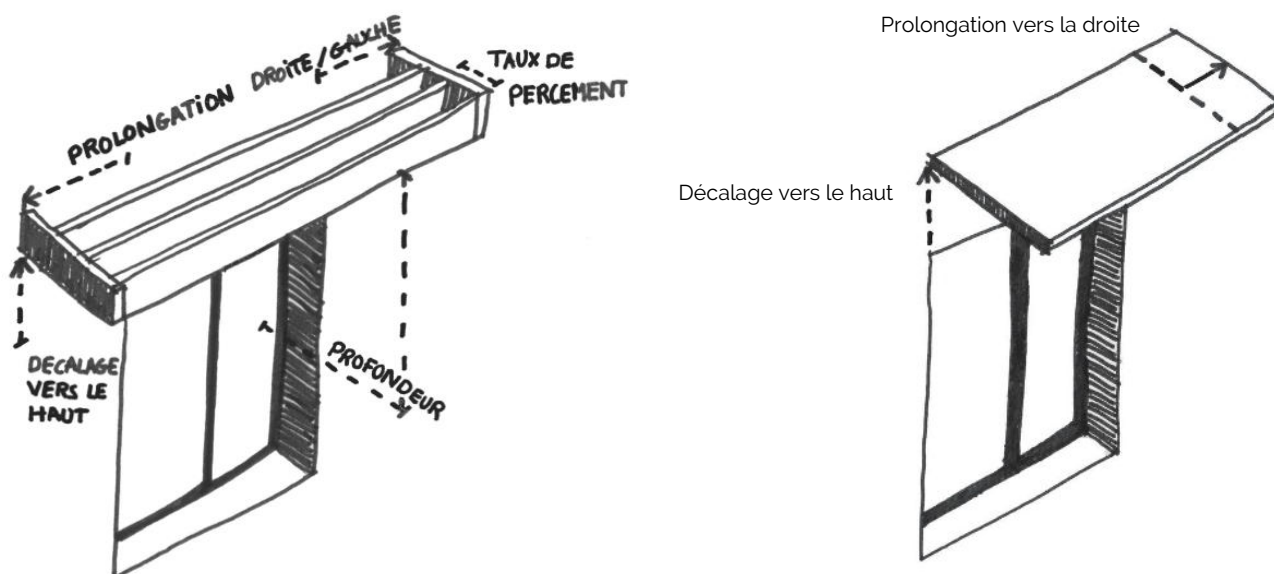


Les protections composées de lames peuvent être modélisées quel que soit leur sens d'orientation. Ce cas est abordé dans le §4.7.e *Protection solaire horizontale à lame inclinée*

Les casquettes inclinées (qui sont généralement des débords de toiture à pans) sont modélisables sur l'outil et sont explicitées dans le § A

La modélisation d'une protection solaire horizontale se fait en indiquant les paramètres suivants :

- Profondeur : correspond à la distance entre le nu extérieur du mur ou de la baie et le point le plus éloigné de la casquette.
- Taux de percement, à renseigner lorsque la casquette n'est pas entièrement opaque ou non continue selon les conditions et méthodes de calcul définies dans les fiches d'application relatives aux protections solaires des murs ou des baies. 0% correspond à une casquette continue (totalement opaque).
- Décalage vers le haut, à renseigner lorsque la casquette se situe plus haut que l'arase supérieure du mur ou de la baie considérée. Il correspond à la distance entre l'arase supérieure de l'élément et l'arase inférieure de la casquette.
- Prolongation vers la gauche ou vers la droite, à renseigner lorsque la protection se prolonge sur la gauche ou la droite. Elle correspond à la distance entre le flanc du mur ou de la baie et le point le plus éloigné sur la droite ou sur la gauche de la casquette.

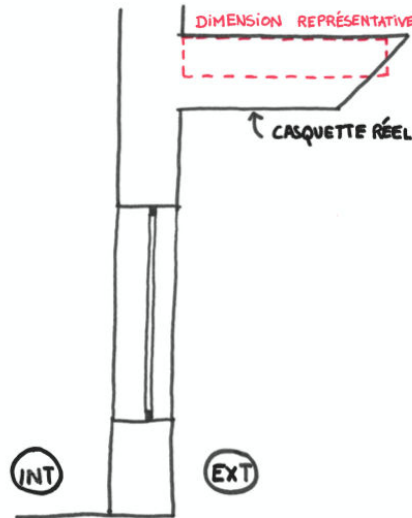


La gauche et la droite sont définies du point de vue d'un observateur face à la façade du côté extérieur.

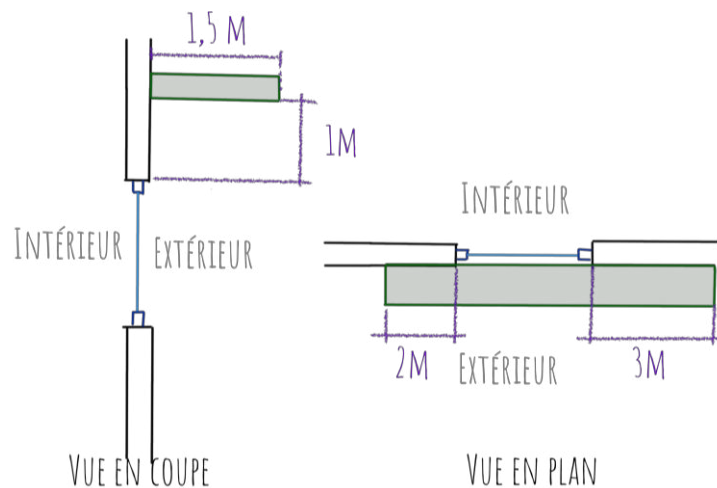
Il n'est pas possible de modéliser une protection dont la largeur est plus faible que l'élément considéré, pas plus qu'une protection déportée du plan de la façade.

Il n'est pas non plus possible de décaler une casquette vers le bas ce qui implique que la hauteur maximum d'un mur ou d'une baie s'arrête, au plus haut, toujours sous la protection horizontale.

Si la protection présente une forme irrégulière ou atypique, il s'agira d'indiquer la profondeur et la hauteur la plus représentative ou moyenne :

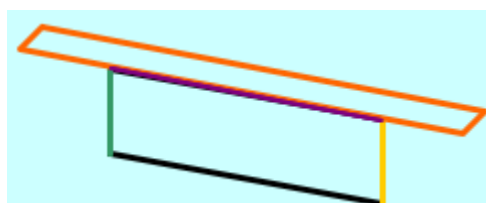


Exemple



Données sur débord ou casquette	
Profondeur en m	1,50
Taux de percement en %	0,00%

Décalés et prolongations	
_ vers le haut en m	1,00
_ vers la gauche en m	2,00
_ vers la droite en m	3,00

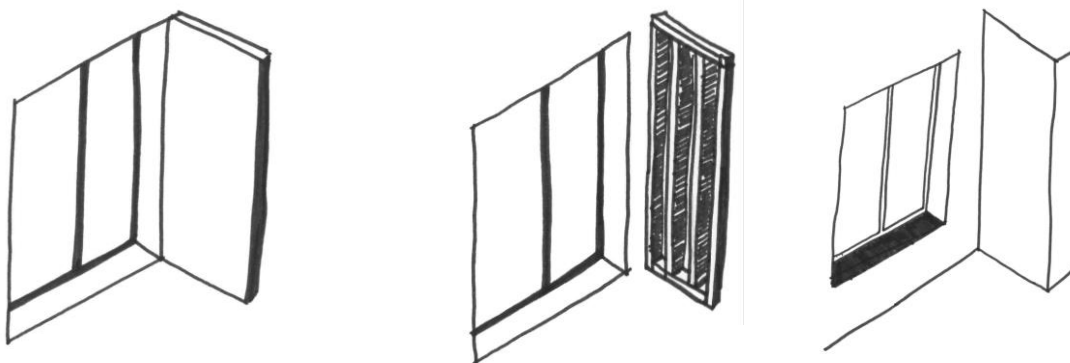


5. Modélisation des joues latérales gauche et droite

Cette partie traite des protections solaires verticales situées sur le côté de l'élément à protéger. Ces protections sont considérées perpendiculaires au plan de la façade.

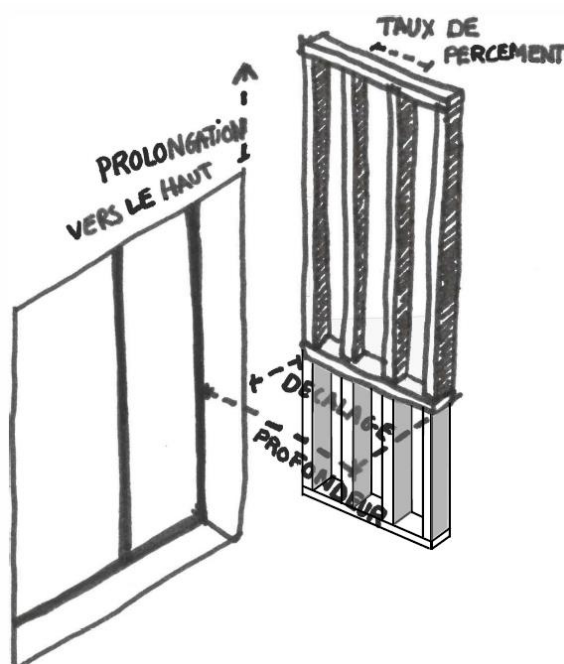
Les différents types d'éléments pouvant être modélisés comme joues sont les suivants :

- Tout type d'écran continu ou non continue : brise-soleil, palissade, retour de voile en béton
- Décroché ou angle dans la façade formant une joue latérale



La modélisation d'une joue se fait en indiquant les paramètres suivants :

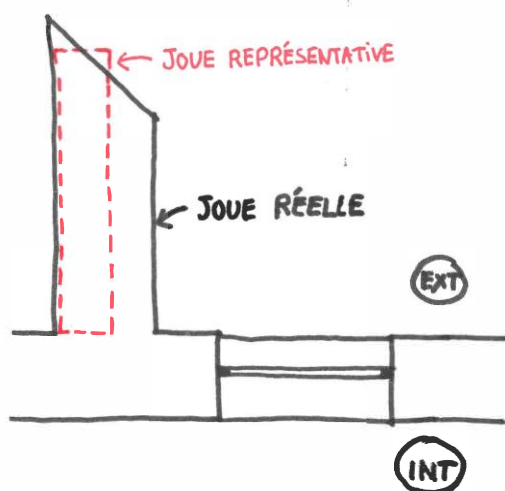
- Profondeur : correspond à la distance entre le nu extérieur du mur ou de la baie et le point le plus éloigné de la joue.
- Taux de percement, à renseigner lorsque la joue n'est pas entièrement opaque ou non continue selon les conditions et méthodes de calcul définies dans les fiches d'application relatives aux protections solaires des murs ou des baies. 0% correspond à une joue continue (totalement opaque).
- Prolongation vers le haut, à renseigner lorsque la joue dépasse en hauteur l'arase supérieure du mur ou de la baie considérée. Elle correspond à la distance entre l'arase supérieure de l'élément et l'arase supérieure de la joue.
- Décalage vers la gauche ou vers la droite, à renseigner lorsque la joue est décalée sur la gauche ou la droite. Il correspond à la distance, dans le plan de la façade, entre le flanc de mur ou de baie, à gauche ou à droite, et la joue.



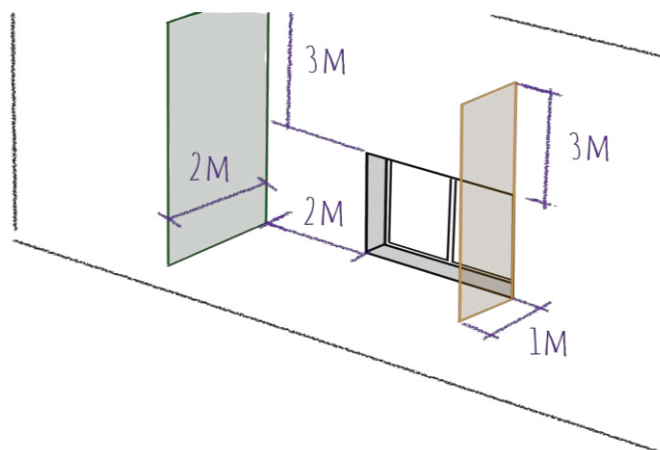
La gauche et la droite sont définies du point de vue d'un observateur face à la façade du côté extérieur.

Il n'est pas possible de modéliser une protection dont la hauteur est plus faible que l'élément considéré, pas plus qu'une protection déportée du plan de la façade. Si le mur ou la baie est protégée par deux joues (gauche et droite), alors la prolongation en hauteur s'applique nécessairement aux deux joues de la même manière.

Si la protection présente une forme irrégulière ou atypique, il s'agira d'indiquer la profondeur et la hauteur la plus représentative ou moyenne :



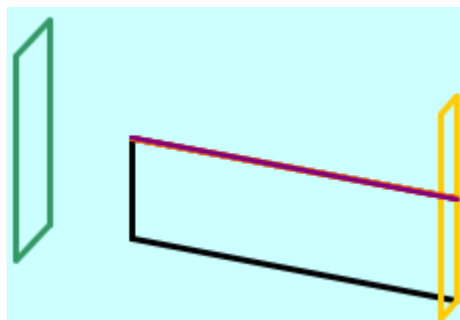
Exemple



Données sur joue gauche	
Profondeur en m	2,00
Taux de percement en %	0,00%

Données sur joue droite	
Profondeur en m	1,00
Taux de percement en %	0,00%

Décalsés et prolongations	
_ vers le haut en m	3,00
_ vers la gauche en m	2,00
_ vers la droite en m	0,00



6. Modélisation d'une protection verticale de face

Elles correspondent à une protection solaire verticale située devant l'élément à protéger, tels que les écrans continus, les écrans non continus et les brise-soleils à lames horizontales. Elles peuvent couvrir l'ensemble ou une partie de l'élément considéré.

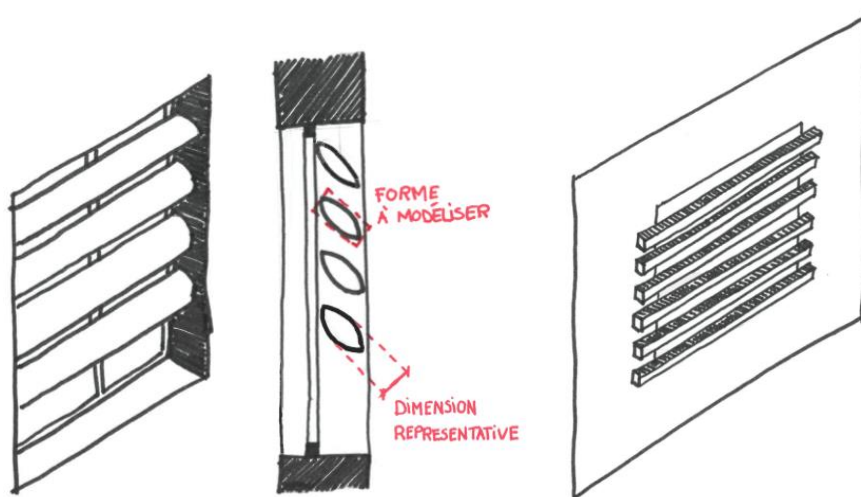
Les différents types de masques architecturaux de face sont modélisés comme suit :

- Sous l'intitulé « Masque continu » :
 - o Écrans ou bardages continus ventilés, composés de tous types de matériaux – cf. fiche d'application relative aux protections solaires des murs – exemples : bardages ventilés en bois, double façade opaque (type plaques d'alucobond), etc.
 - o Écrans ou bardages non continus ou ajourés, composés de tous types de matériaux – cf. fiche d'application relative aux protections solaires des murs ou des baies – exemples : résille métallique ou bois, bardage à claire voie, écran végétalisé, etc.

Certaines configurations d'écrans équipés de lames ou lattes verticales, espacées de manière régulière peuvent être modélisées par des joues : cf. § 7 *Modélisation des autres types de protection solaire*.

Les écrans équipés de lames ou de lattes horizontales espacées de manière régulière sont modélisés en tant que brise-soleil.

- Sous l'intitulé « Lames horizontales » :
 - o Brise-soleils à lames horizontales, y compris persiennes
 - o Écrans ajourés à lattes horizontales espacées de manière régulière



L'outil permet uniquement la modélisation d'écrans verticaux de face dont le point le plus haut est supérieur ou égale à l'arase supérieure du mur ou de la baie. Ainsi, il n'est pas possible de modéliser un garde-corps ou bien un bandeau opaque en milieu de mur ou de baie.

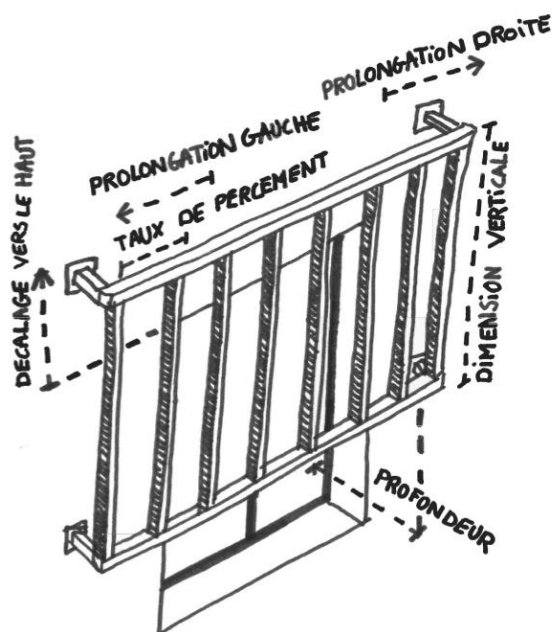
A. MASQUE CONTINU

Cette partie traite des écrans verticaux pleins ou ajourés qui ne sont pas des brise-soleils à lames horizontales.

La modélisation se fait en indiquant les paramètres suivants :

- Dimension verticale : correspond à la hauteur totale de l'écran dont le point haut ne peut être inférieure à l'arase supérieure du mur ou de la baie à protéger.
- Distance à la paroi verticale ou à la baie : correspond à l'espace libre entre le mur ou la baie et l'écran, soit la distance entre le nu extérieur du mur ou de la baie et le nu intérieur (côté mur) de l'écran.
- Teinte : à saisir selon la couleur du revêtement extérieur de l'écran. Pour les parois opaques verticales (murs), une distinction de saisie est faite selon la configuration de la protection solaire. Cette saisie est détaillée au §5.3.c - *Calcul du facteur solaire des murs – teintes / coefficient d'absorption*.
- Taux de percement, à renseigner lorsque l'écran est dit non continu selon les conditions et méthodes de calcul définies dans la fiche d'application relative aux protections solaires des murs ou des baies. 0% correspond à un écran continu (totalement opaque).

- Décalage vers le haut, à renseigner lorsque l'écran dépasse en hauteur l'arase supérieure du mur ou de la baie considérée. Il correspond à la distance entre l'arase supérieure de l'élément et l'arase supérieure de l'écran.
- Prolongation vers la gauche ou vers la droite, à renseigner lorsque l'écran est prolongé sur la gauche ou la droite. Elle correspond à la distance, dans le plan de la façade, entre le flanc de mur ou de baie et le point le plus éloigné de l'écran, à gauche ou à droite.

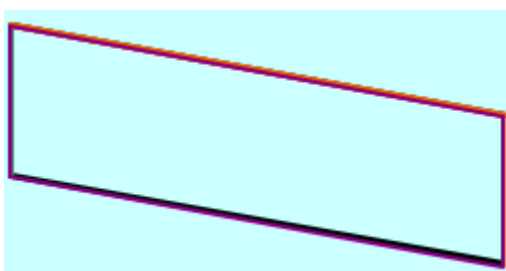
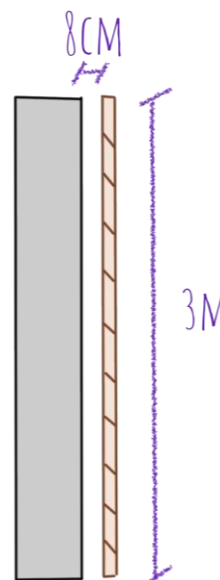


Nota bene : l'outil ne prend pas en compte les écrans dont la hauteur est inférieure à 20 cm.

Exemple

Saisie d'un bardage ventilé en bois :

Données sur brise soleil de face		masque continu
Dimension verticale du brise soleil en face de la paroi verticale en m		3,00
Distance à la paroi verticale en m		0,08
Teinte du brise soleil		Bois
Taux de percement du brise soleil		0%
Décalés et prolongations		
... vers le haut en m		0,00
... vers la gauche en m		0,00
... vers la droite en m		0,00



Pour rappel, le bardage, pour être considéré comme ventilé et ainsi être intégré dans le calcul du Cm, doit être décalé d'au moins 8 cm du mur à protéger.

B. LAMES HORIZONTALES

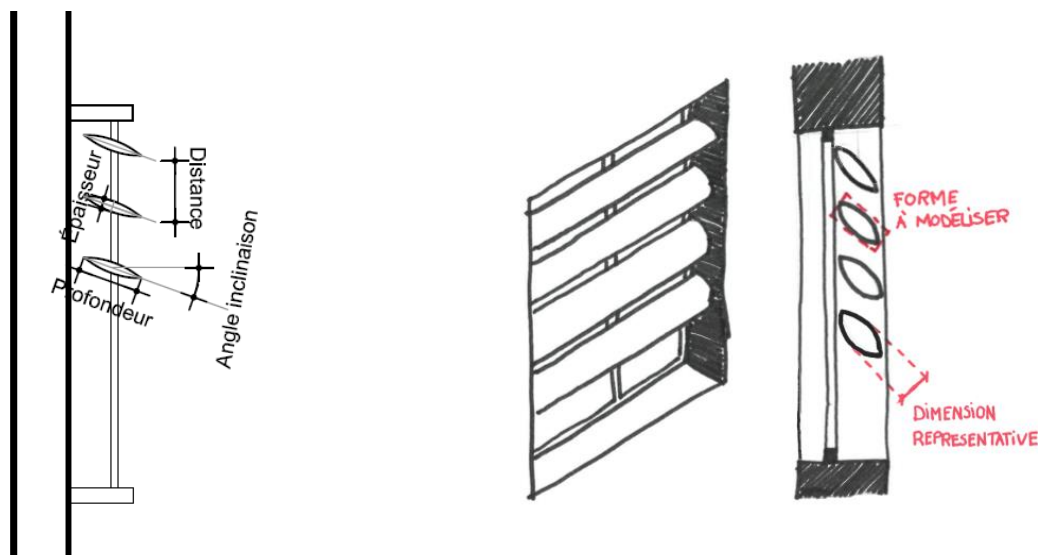
Cette partie traite des brises soleils à lames horizontales et tout autre écran ajouré présentant des lattes horizontales espacées de manière régulière.

La modélisation générale du brise-soleil se fait en indiquant les paramètres suivants :

- Dimension verticale : correspond à la hauteur totale du brise-soleil depuis sa lame la plus haute, qui ne peut être inférieure à l'arase supérieure du mur ou de la baie à protéger, jusqu'à sa lame la plus basse. Une certaine flexibilité pourra être autorisée sur le choix du point haut si jamais la lame la plus haute se situe en dessous de l'arase supérieure de l'élément à protéger, d'autant plus si une casquette est également présente.
- Distance à la paroi verticale : correspond à l'espace libre entre le mur ou la baie et l'écran, soit la distance entre le nu extérieur du mur ou de la baie et le nu intérieur (côté façade) des lames de brise soleil.
- Teinte : à saisir selon la couleur du revêtement extérieur des lames. Il est possible d'indiquer la teinte selon un choix prédéfini ou bien d'indiquer directement la valeur du coefficient (pour les murs). La méthodologie de choix de teinte et de détermination du coefficient alpha sont explicités dans la fiche d'application relative à la protection solaire des murs.
- Taux de percement, à renseigner lorsque les lames sont ajourées ou percées. 0% correspond à une lame pleine (totalement opaque). La méthode de calcul du taux de percement est précisée dans la fiche d'application relative aux protections solaires des murs ou des baies. Néanmoins, pour ce type de protection, les lames sont généralement opaques.
- Décalage vers le haut, à renseigner lorsque le brise-soleil dépasse en hauteur la tête du mur considéré. Il correspond à la distance entre l'arase supérieure du mur ou de la baie et l'arase supérieure de l'écran.
- Prolongation vers la gauche ou vers la droite, à renseigner lorsque le brise-soleil est prolongé sur la gauche ou la droite. Elle correspond à la distance, dans le plan de la façade, entre le flanc de mur ou de baie et le point le plus éloigné des lames de brise-soleil, à gauche ou à droite.

La modélisation de la constitution du brise-soleil se fait en indiquant les paramètres suivants :

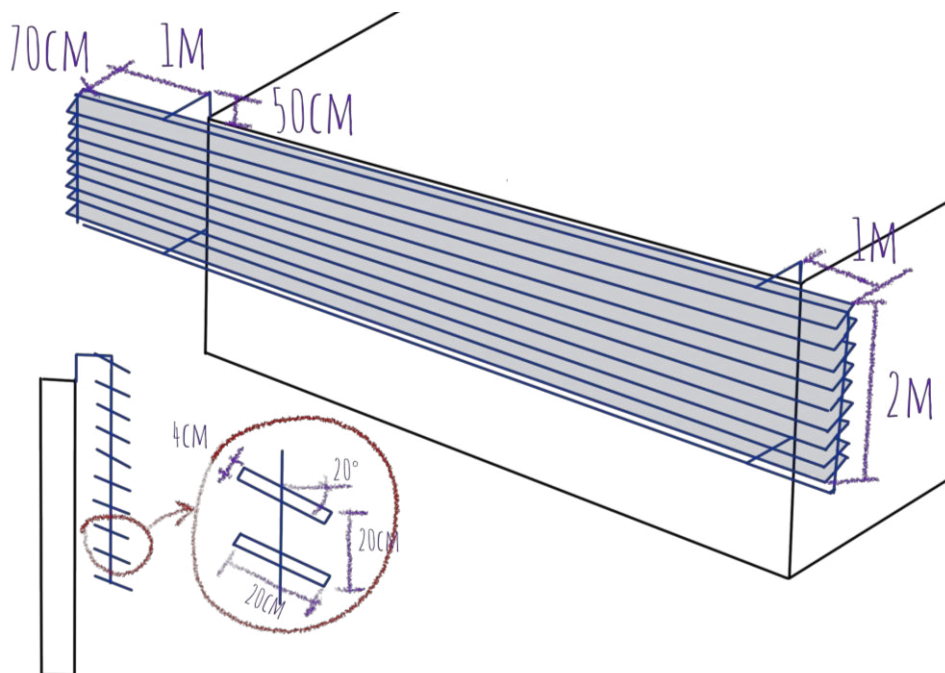
- Distance entre lames : distance entre axe des lames dans le plan vertical
- Inclinaison des lames : angle formé entre la lame et le plan horizontal, dans le sens contraire du cercle trigonométrique (ou dans le sens des aiguilles d'une montre)
- Profondeur de la lame : distance entre les points opposés les plus éloignés de la lame
- Épaisseur des lames : distance la plus grande dans le plan perpendiculaire à la lame. En l'occurrence, les lames en aile d'avion seront modélisées comme des rectangles avec comme valeur l'épaisseur la plus large mesurée.



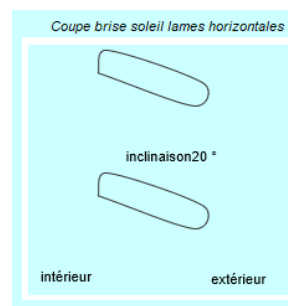
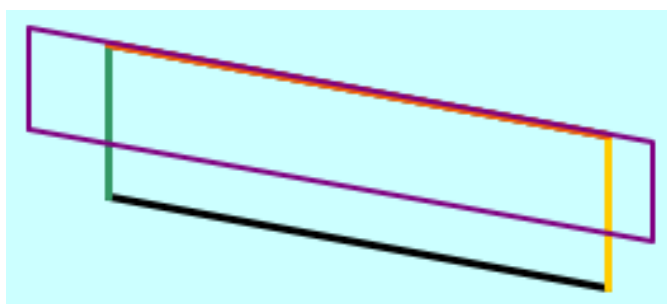
L'outil propose une représentation graphique des lames de brise-soleil.

Dans le cas où le brise-soleil présente des lames de différentes longueur et/ou des distances entre lames différentes, il est recommandé de modéliser un brise-soleil qui présente des dimensions moyennes représentatives ou pondérées au prorata de leur occurrence (en profondeur et/ou en distance entre lames).

Exemple



Données sur brise soleil de face		lames horizontales
Dimension verticale du brise soleil en face de la paroi verticale en m		2,00
Distance à la paroi verticale en m		0,70
Teinte du brise soleil		Claire
Taux de percement du brise soleil		0%
Si brise soleil à lames horizontales		
Distance entre les lames en m (H)		0,20
Inclinaison des lames en degré (α)		20,00
Epaisseur hors tout du brise soleil en m (calcul)		0,19
Profondeur de la lame en m (A)		0,20
Epaisseur des lames en m		0,04
Décals et prolongations		
... vers le haut en m		0,50
... vers la gauche en m		1,00
... vers la droite en m		1,00



7. Modélisation des autres types de protection solaire

A. CHASSIS PERSIENNES

Il est possible de ne pas modéliser les châssis persiennés et de les assimiler à un vitrage de type « lame opaque ».

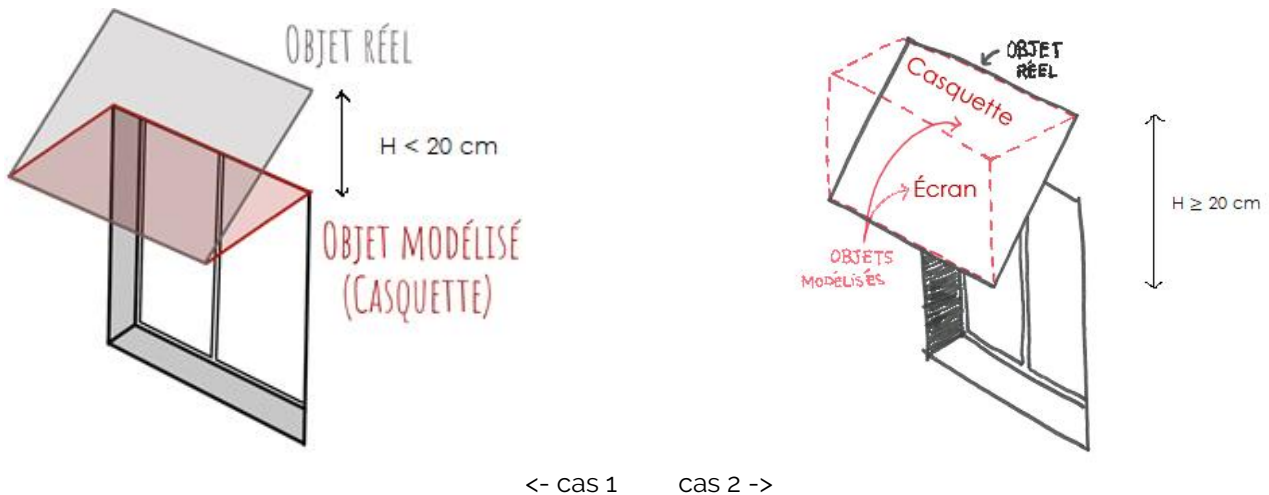
Si une modélisation est souhaitée, il est possible de modéliser les baies équipées de châssis persiennés opaques sans vitrage en tant que protection solaire de type « lames horizontales » en renseignant les caractéristiques des lames. La protection solaire est renseignée avec une distance nulle par rapport à la baie. Pour le calcul du facteur solaire, on sélectionne le type de vitrage « aucun vitrage ».

B. PROTECTION SOLAIRE HORIZONTALE INCLINEE VERS LE BAS

Une protection solaire horizontale inclinée peut être, par exemple, un débord de toiture à pente ou une simple casquette, fixée sur la façade, inclinée pour améliorer son efficacité.

La modélisation de ce type d'élément dépend de la hauteur associée à la distance verticale entre le haut et le bas de la protection solaire.

- Si cette hauteur H est inférieure à 20 cm, alors on modélise cet écran par une casquette horizontale positionnée à la hauteur de son point le plus bas (cas 1) ;
- Si cette hauteur H est supérieure ou égale à 20 cm, alors on modélise cet écran par une casquette horizontale associée à un écran vertical continu (cas 2).

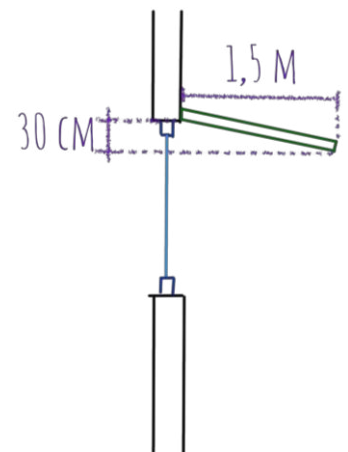
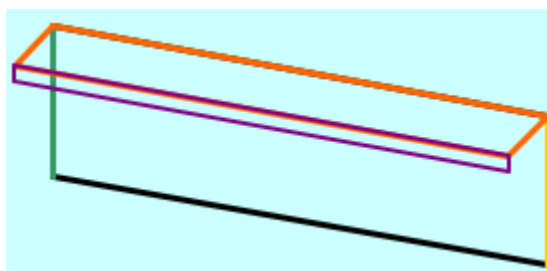


Cette partie traite aussi des écrans de face inclinés dès lors qu'ils sont collés en partie haute de l'élément qu'ils protègent.

Exemple :

Données sur débord ou casquette	
Profondeur en m	1,50
Taux de percement en %	0,00%

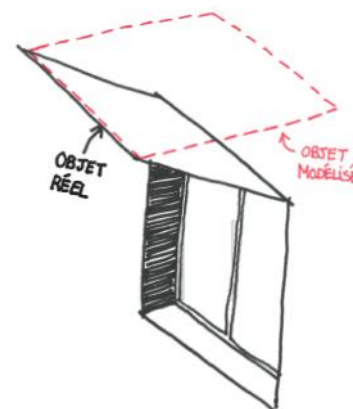
Données sur brise soleil de face		masque continu
Dimension verticale du brise soleil en face de la paroi verticale en m	0,30	
Distance à la paroi verticale en m	1,50	
Teinte du brise soleil	Claire	
Taux de percement du brise soleil	0%	



C. PROTECTION SOLAIRE HORIZONTALE INCLINEE VERS LE HAUT

Une protection solaire horizontale inclinée vers le haut peut être, par exemple, un débord de toiture mono-pente ou une simple casquette, fixée sur la façade, inclinée pour améliorer l'accès à la lumière naturelle ou pour des raisons architecturales.

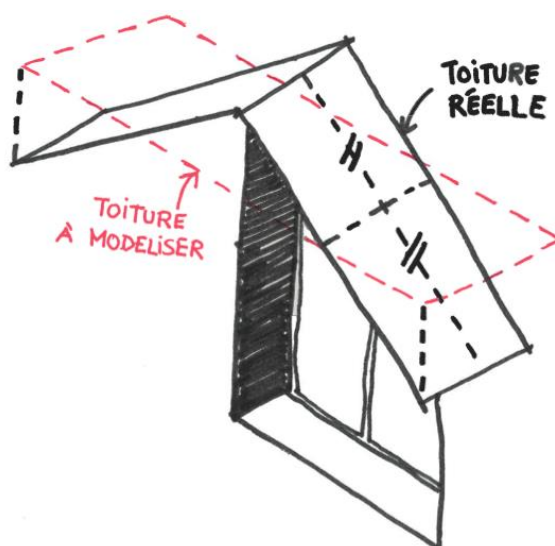
Ce type d'élément est modélisé par une casquette horizontale décalée vers le haut.



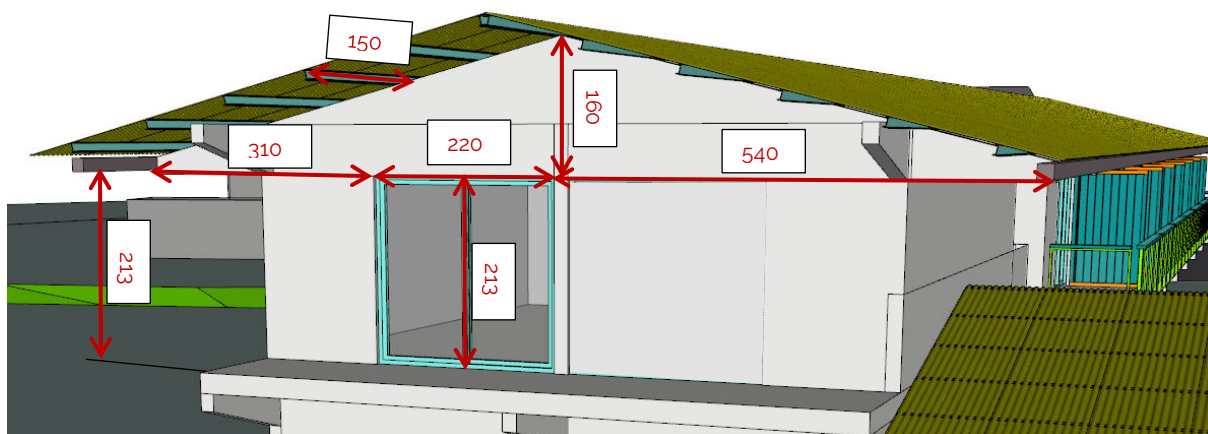
D. PROTECTION SOLAIRE HORIZONTALE A 2 PANS

Cette partie concerne les protections solaires formées par les prolongations de couverture à 2 pans.

Ce cas est modélisé comme une protection solaire horizontale plate dont la hauteur est égale à la moyenne entre le point haut et le point bas de l'ouvrage.

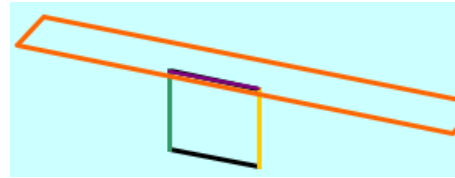


Exemple pour une baie :

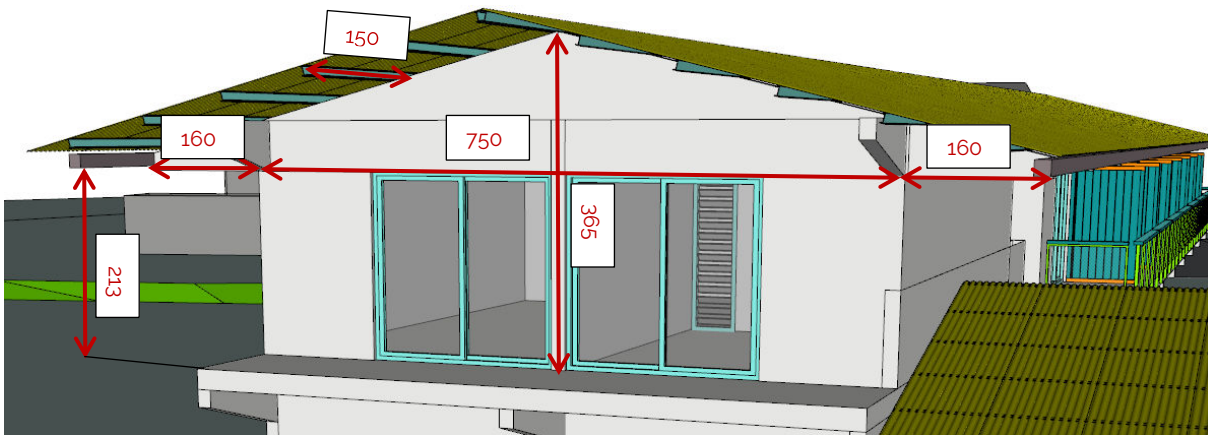


La partie basse de la protection est à la hauteur de l'arase supérieure de la baie et la partie haute est située à 1,60 mètre au-dessus de l'arase supérieure de la baie. La casquette est donc modélisée à une hauteur de 0,8 m (moyenne entre 0 et 1,60 m) au-dessus de la baie. La casquette se prolonge sur 3,10 mètres à gauche et 5,40 mètres à droite :

Dimensions de la baie	
Largeur en m	2,20
Hauteur en m	2,13
Surface en m ² (calcul)	4,69
Données sur débord ou casquette	
Profondeur en m	1,50
Taux de percement en %	0%
Décalés et prolongations	
_ vers le haut en m	0,80
_ vers la gauche en m	3,10
_ vers la droite en m	5,40

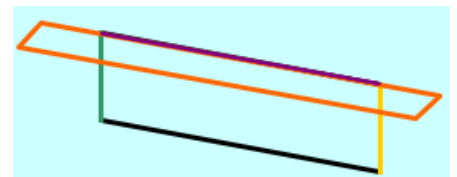


Exemple pour un mur :



Le mur est modélisé avec une hauteur de 2,89 m (moyenne de 2,13 et 3,65) et une casquette non décalée, se prolongeant sur 1,6 mètres de chaque côté :

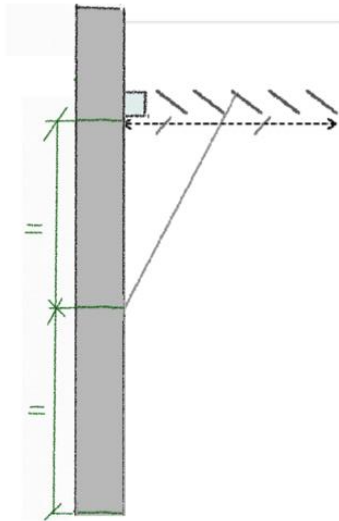
Dimensions de la paroi verticale	
Largeur en m	7,50
Hauteur en m	2,89
Surface en m ² (calcul)	21,68
Données sur débord ou casquette	
Profondeur en m	1,50
Taux de percement en %	0,00%
Décalés et prolongations	
... vers le haut en m	0,00
... vers la gauche en m	1,60
... vers la droite en m	1,60



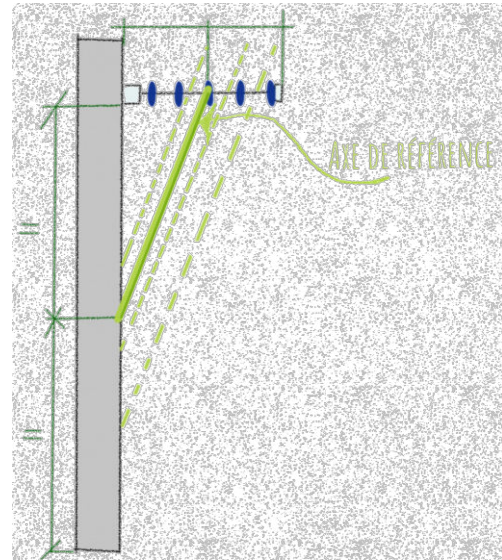
E. PROTECTION SOLAIRE HORIZONTALE A LAMES INCLINEES

La modélisation dépend de l'inclinaison des lames par rapport à l'élément à protéger :

- **Cas n°1** : le recouvrement des lames forme un écran opaque aux rayons solaire : la protection est considérée comme continue (taux de percement = 0%)
- **Cas n°2** : le recouvrement des lames ne forme pas un écran opaque aux rayons solaire : la protection est considérée comme ajourée et le taux de percement est calculé selon la méthode indiquée dans la fiche d'application relative aux protections solaires des murs et des baies.



Cas n°1



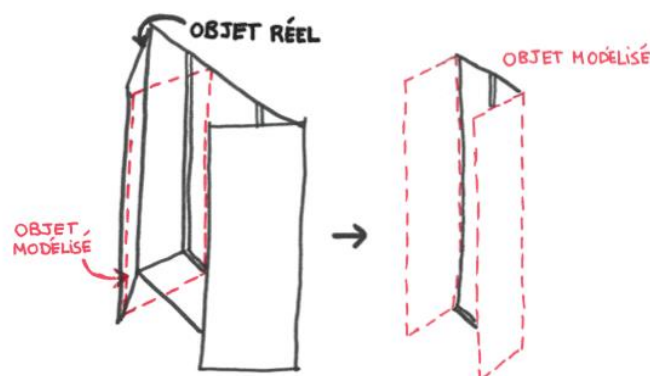
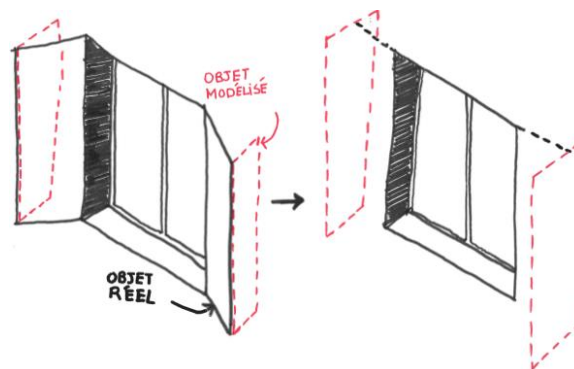
Cas n°2

Ces mêmes fiches indiquent la méthode pour évaluer si le recouvrement des lames forme un écran opaque ou non.

F. JOUE INCLINEE

Dans le cas où une joue est inclinée, on modélise une joue droite dont la profondeur correspond à celle de la joue et le décalage sur la gauche ou la droite correspondant à la distance est comprise entre l'élément et la projection du point le plus éloigné sur le plan du mur.

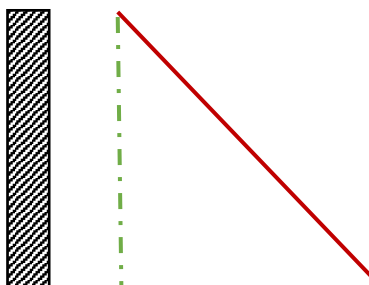
En cas de joue inclinée vers l'intérieur d'un mur ou d'une baie, on ajuste la largeur de mur ou de baie.



G. ÉCRAN DE FACE INCLINE VERS LE BAS

Un écran de face incliné vers le bas peut être modélisé comme un écran vertical sous les conditions suivantes :

- Lorsque la partie haute de l'écran est collée à la façade alors il est modélisé comme une casquette inclinée vers le bas (cf. § AB)
- Lorsque la partie haute de l'écran est décalée par rapport à la façade alors l'écran incliné est modélisé comme un écran vertical droit dont la distance au mur ou à la baie est égale à la distance de la partie haute de l'écran incliné :

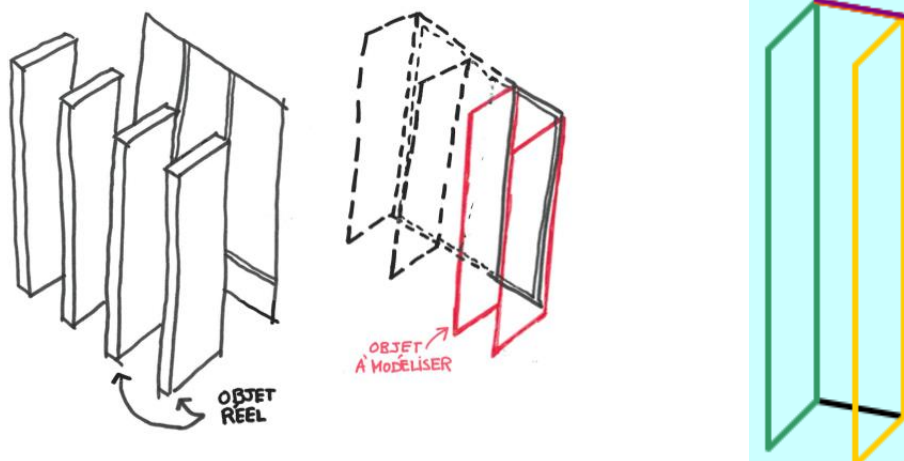


H. BRISE-SOLEIL VERTICAL A LAMES DROITES

L'outil ne permet pas de modéliser directement un brise-soleil à lames verticales. Cependant, il est permis de calculer le Cm d'un tel brise-soleil en utilisant la méthode suivante :

1. Modéliser un mur ou une baie dont la largeur est égale à celle entre deux lames du brise-soleil et de hauteur identique au mur étudié.
2. Modéliser les lames du brise-soleil en utilisant la fonction « joues » gauche et droite

Les lames de brise-soleil sont alors modélisées comme si elles étaient collées à la façade même si, en réalité, celles-ci sont décalées.



De ce fait, cette méthode montre des limites lorsque :

- Les lames présentent une épaisseur importante : > 15 cm

ET/OU

- Le brise-soleil est très éloigné de la façade : > 50 cm

Dans ce cas, la modélisation d'un écran vertical percé peut être une solution de modélisation plus représentative de la réalité.

Dans le cas où le brise-soleil comporte des lames de différentes longueur et/ou des distances entre lames différentes, deux possibilités de modélisation sont offertes :

- Modéliser un élément qui présente des dimensions moyennes représentatives ou pondérées au prorata de leur occurrence sur la façade (en profondeur et/ou en distance entre lames).

- Modéliser plusieurs éléments et faire la moyenne pondérée des coefficients de masque Cm calculés au prorata de leur occurrence sur la façade.

Exemple

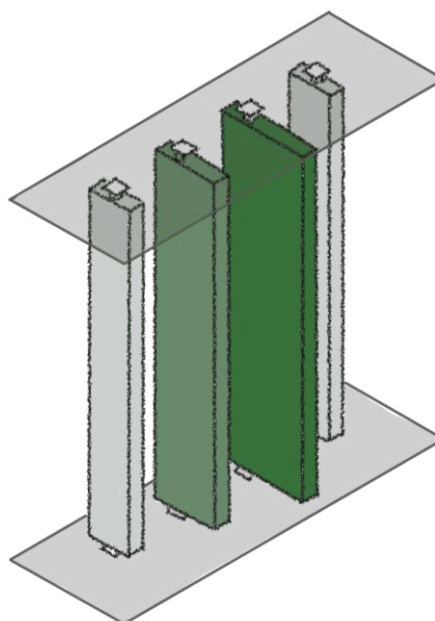
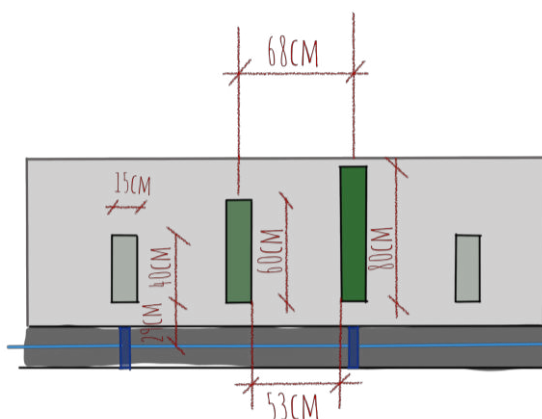
La façade, orientée au Nord, est équipée d'un brise-soleil sur toute sa hauteur (3 mètres), composé de lames verticales de 15 cm d'épaisseur, espacées tous les 68 cm et de profondeurs différentes alternées de manière répétitive.

Les lames sont positionnées à 29 cm de la façade.

La largeur de mur ou de baie à modéliser correspond à la distance nette entre chaque lame soit :

$$\text{Largeur} = 0,68 - (0,075 + 0,075) = \mathbf{0,53 \text{ mètres}}$$

Dimensions de la paroi verticale	
Largeur en m	0,53
Hauteur en m	3,00
Surface en m ² (calcul)	1,59



◇ Méthode 1 : Brise-soleil moyenné

La profondeur moyenne pondérée est :

$$\text{Profondeur} = (0,4 \times 2 + 0,6 + 0,8) / 4 = \mathbf{0,55 \text{ mètres}}$$

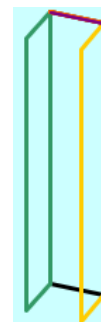
Comme les joues ne peuvent pas être modélisées décalées de la façade, elles seront modélisées collées à la façade avec la même profondeur

Modélisation du brise-soleil représentatif :

Données sur joue gauche	
Profondeur en m	0,55
Taux de percement en %	0,00%

Données sur joue droite	
Profondeur en m	0,55
Taux de percement en %	0,00%

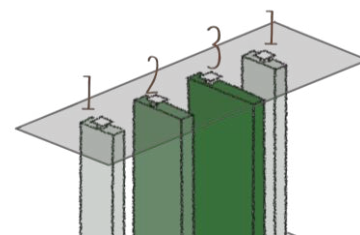
Résultat : Cm = 0,38
<i>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</i>



◇ Méthode 2 : Cm moyenné

4 configurations seront modélisées :

Configuration	Profondeur de lame			
	Réalité - lames décalées		Modélisé - lames collées	
	Gauche	Droite	Joue gauche	Joue droite
1	40 cm	40 cm	40 cm	40 cm
2	40 cm	60 cm	40 cm	60 cm
3	60 cm	80 cm	60 cm	80 cm
4	80 cm	40 cm	80 cm	40 cm

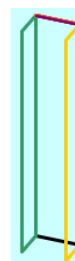


– Configuration n°1 :

Données sur joue gauche		
Profondeur en m		0,40
Taux de percement en %		0,00%
Données sur joue droite		
Profondeur en m		0,40
Taux de percement en %		0,00%

Résultat : Cm = 0,43

dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%



– Configuration n°2 :

Données sur joue gauche		
Profondeur en m		0,40
Taux de percement en %		0,00%
Données sur joue droite		
Profondeur en m		0,60
Taux de percement en %		0,00%

Résultat : Cm = 0,40

dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%



– Configuration n°3 :

Données sur joue gauche		
Profondeur en m		0,60
Taux de percement en %		0,00%
Données sur joue droite		
Profondeur en m		0,80
Taux de percement en %		0,00%

Résultat : Cm = 0,36

dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%



– Configuration n°4 :

Données sur joue gauche		
Profondeur en m		0,80
Taux de percement en %		0,00%
Données sur joue droite		
Profondeur en m		0,40
Taux de percement en %		0,00%

Résultat : Cm = 0,38

dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%

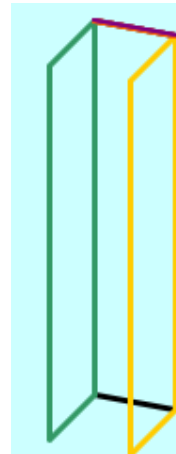
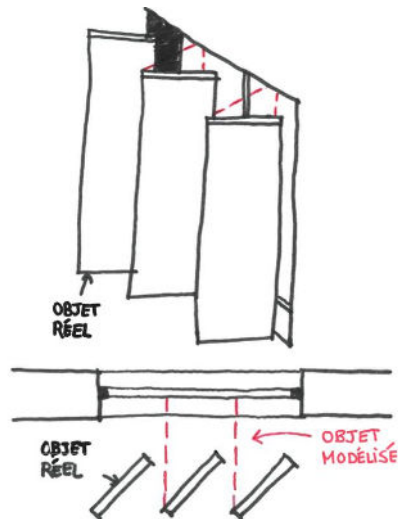


La moyenne est calculée comme suit :

$$Cm = (0,43 + 0,40 + 0,36 + 0,38) / 4 = 0,39$$

I. BRISE-SOLEIL VERTICAL A LAMES INCLINEES

La méthode de modélisation consiste à combiner les méthodes de modélisation d'un brise-soleil vertical à lames droites et d'une joue inclinée.

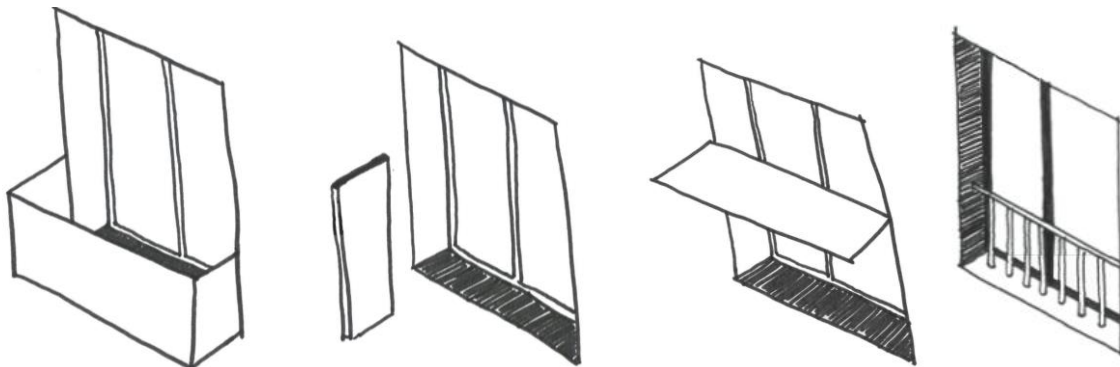


8. Limites de l'outil

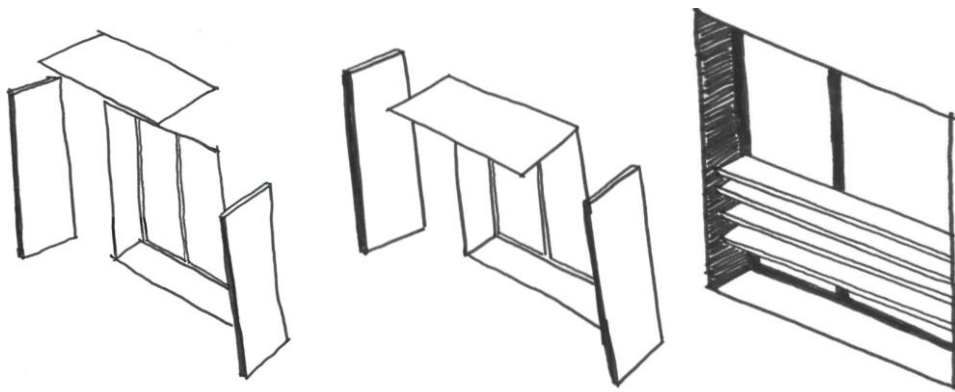
A. MASQUES ARCHITECTURAUX NON MODELISABLES

L'outil informatique ne peut pas calculer le coefficient de masque des types d'ouvrages suivants :

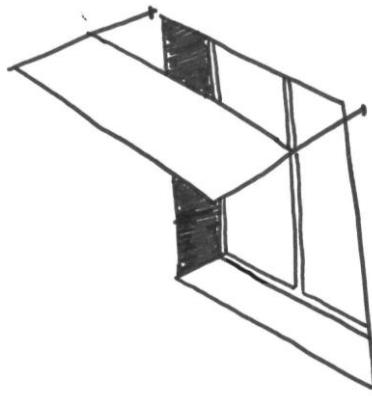
- Masques plus bas que l'ouvrage à protéger :
 - o Écran de face type garde-corps
 - o Joues latérales
 - o Casquette horizontale



- Combinaisons de casquettes horizontales, joues ou écrans décalés les uns par rapport aux autres :
 - o Casquette au droit de la paroi et joues décalées sur les côtés
 - o Casquette décalée vers le haut et joues ou écran ne dépassant pas la hauteur de la paroi



- Casquette horizontale ou joues décollées de la paroi :



B. CONDITIONS LIMITES POUR L'UTILISATION DE L'OUTIL

Certains masques modélisables dans l'outil renvoient une valeur d'erreur lorsque leurs dimensions correspondent à certaines valeurs limites, notamment :

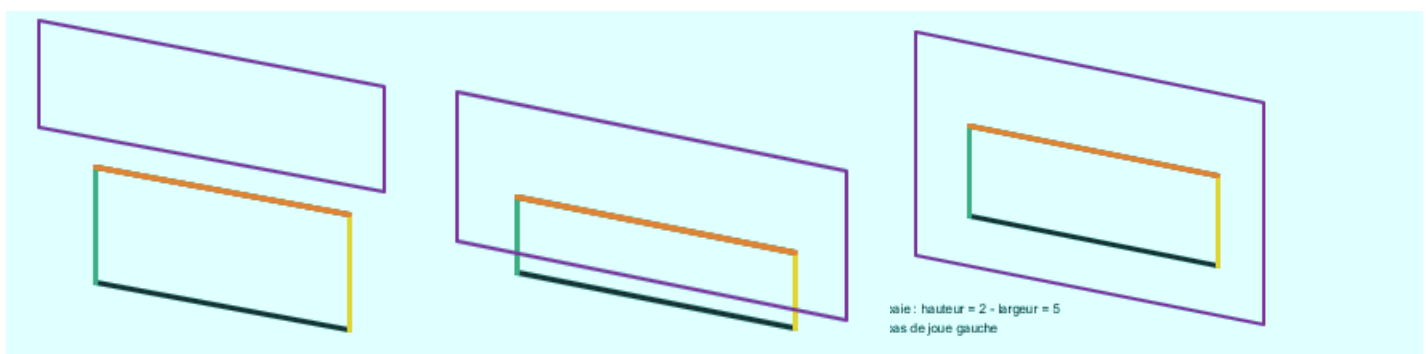
- Si la hauteur du masque est égale à deux fois la hauteur de la baie ;
- Si la hauteur du masque est égale à deux fois le décalage vers le haut (renseigné dans la partie décalage et prolongations).

Dans ces cas-là, il suffit de prolonger une des dimensions d'un centimètre pour avoir un résultat.

Certains masques modélisables dans l'outil ne sont pas pris en compte correctement lorsqu'ils présentent une certaine position par rapport à l'élément à protéger.

Qu'ils soient associés ou non à une casquette ou des joues latérales, les résultats du calcul Cm sont erronés lorsque les écrans de face (masque continu ou brise-soleil) :

- Sont positionnés entièrement au-dessus de l'élément à protéger (**cas 1**)
- Sont positionnés très au-dessus et recouvrent en partie l'élément à protéger (**cas 2**)
- Sont positionnés devant et dépassent sous l'élément à protéger (**cas 3**)



Cas 1

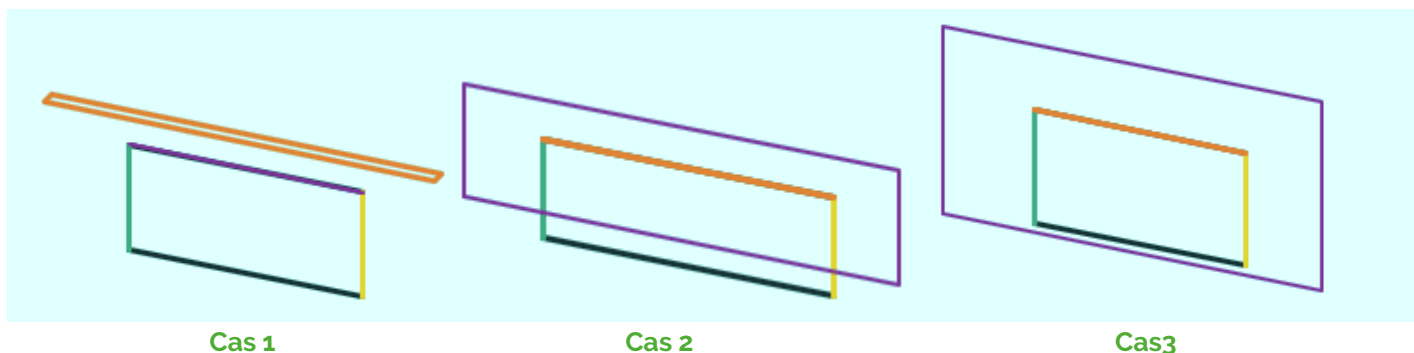
Cas 2

Cas 3

Il convient donc d'adapter la forme de la protection solaire pour obtenir des résultats cohérents :

- Le **cas 1** peut être assimilé à une casquette horizontale dont la profondeur correspond à l'écart entre l'écran et l'élément à protéger
- Le **cas 2** peut être modélisé avec un écran qui dépasse de moins d'un mètre au-dessus de l'élément à protéger

- Le **cas 3** est modélisé avec un écran dont la partie basse est au même niveau que la partie basse de l'élément à protéger.



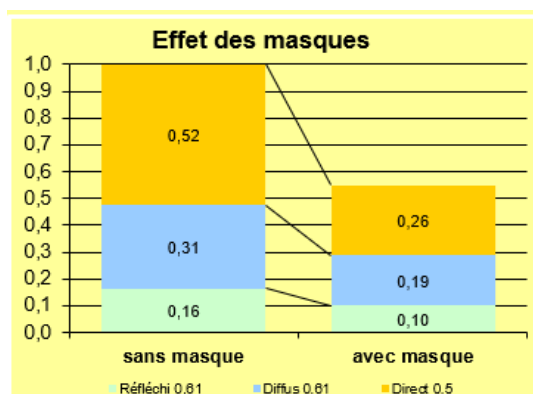
9. Résultat

À la fin de la partie « 1- Effet de masques architecturaux », l'outil indique le calcul du Cm. Celui-ci intègre également la part des effets de masque de site (cf § IV Masques de site)

Un diagramme représente la répartition des types d'apports solaires avec ou sans masque.

Les apports solaires sont de 3 types :

- Réfléchi : ce sont les rayons solaires qui sont réfléchis par le site (sol, bâtiments voisins, relief) et les éléments architecturaux (brises soleils, casquettes, etc.)
- Diffus : ce sont les rayons solaires non directs, ils sont répartis uniformément en direction et en intensité. Ils représentent les apports solaires issus du ciel et des nuages
- Direct : ce sont les rayons solaires directs qui ont une direction et une intensité précise. Ils représentent les apports solaires issus du soleil.



Ces résultats ne s'affichent pas dans le cas d'une protection solaire de type débord ou joue (sera peut-être intégré ultérieurement).

IV. MASQUE DE SITE

1. Préambule

En plus des masques architecturaux, l'outil permet la prise en compte du contexte topographique et urbain du site environnant.

Ces derniers sont appelés des masques lointains ou masques de site et sont renseignés dans un onglet spécifique.

Deux types de masques de site peuvent être indiqués :

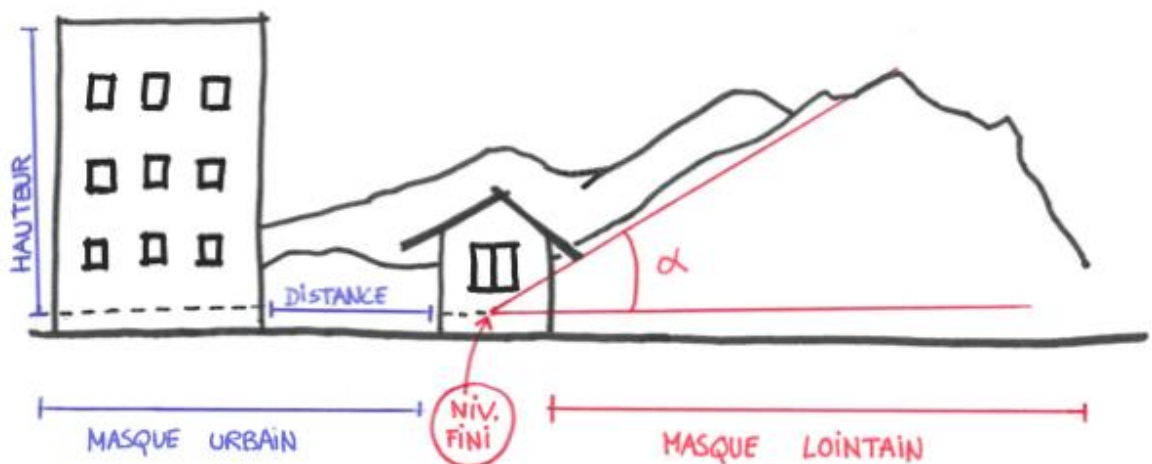
- Les masques urbains correspondant aux bâtiments ou au relief proches
- Les masques lointains correspondant aux bâtiments ou au relief éloignés

Leur position cadastrale par rapport à l'ouvrage à protéger est caractérisée par l'azimut en degrés Nord. À chaque azimut, décliné de 10° en 10° de 0° à 360°, est associé :

- Une distance par rapport à l'élément étudié et une hauteur en mètres pour les masques urbains
- Une hauteur de vue en degrés pour les masques lointains

Les végétaux (arbres, arbustes hauts, etc.) ne peuvent pas être pris en compte en tant que masques.

NOTA : les effets de masques de site sont calculés uniquement à partir des données de rayonnement direct. Les rayons solaires diffus et réfléchis ne sont donc pas diminués par les effets de masque de site.

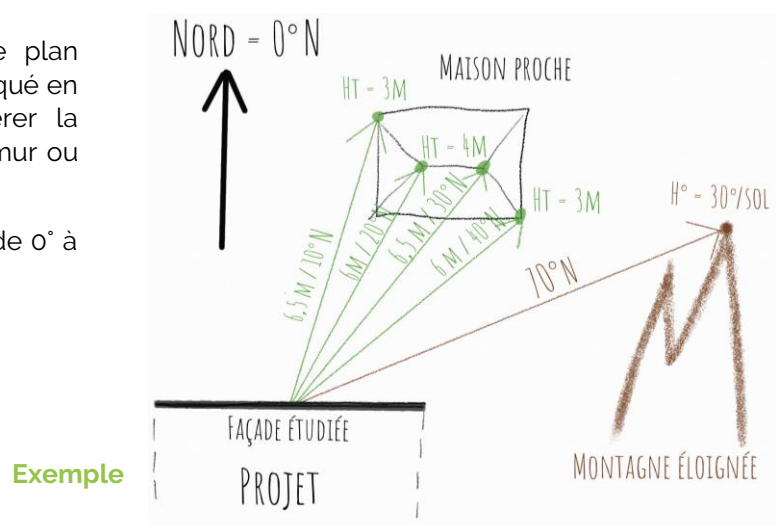


Ce calcul est réalisé dans l'onglet « masque site ».

2. Azimut

Un azimut est un angle formé sur le plan horizontal par rapport au Nord. Il est indiqué en degrés Nord (°N) et permet de repérer la position d'un masque par rapport à un mur ou une baie.

Les azimuts sont déclinés de 10° en 10° de 0° à 360°.



Exemple

3. Masques urbains

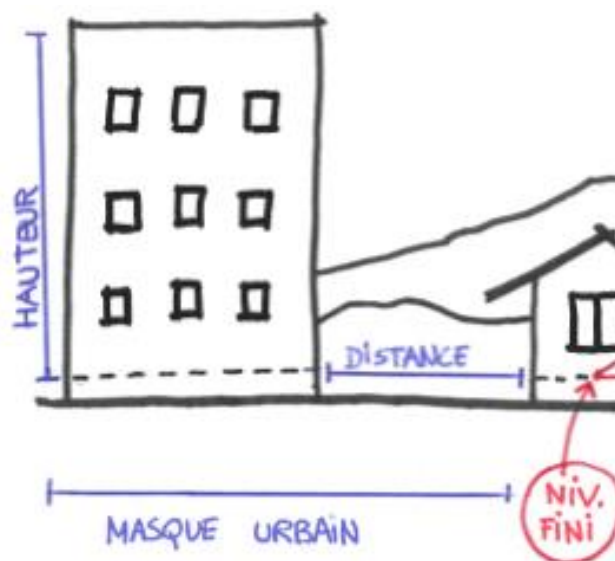
A. DISTANCE / HAUTEUR

Pour chaque azimut, un masque urbain est caractérisé par une distance et une hauteur en mètres (m).

La distance est calculée dans le plan horizontal entre le milieu de la largeur du mur ou de la baie et le point du masque sur la ligne de l'azimut concerné.

Pour évaluer la hauteur des masques urbains, l'outil considère un niveau de référence sur lequel le bâtiment étudié et les masques sont implantés. Ce niveau de référence correspond au niveau du revêtement de sol fini du rez-de-chaussée du bâtiment étudié.

La hauteur est calculée depuis le niveau de référence jusqu'au point le plus haut du masque sur l'azimut concerné.

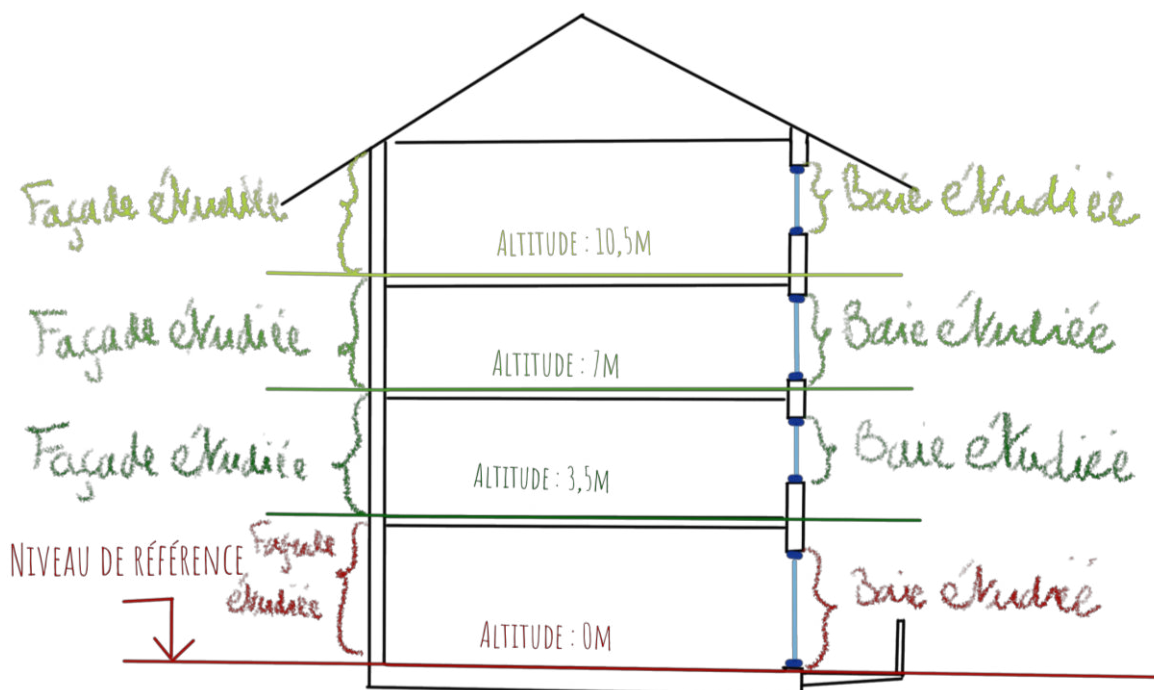


B. ALTITUDE DU POINT D'OBSERVATION

L'altitude du point d'observation correspond à la hauteur de l'élément étudié par rapport au niveau de référence. Plus le point d'observation est haut, plus la différence de hauteur avec les masques est faible et moins l'effet de masque est important.

La valeur d'altitude à renseigner correspond au niveau du revêtement de sol fini de l'étage sur lequel l'objet de l'étude se trouve.

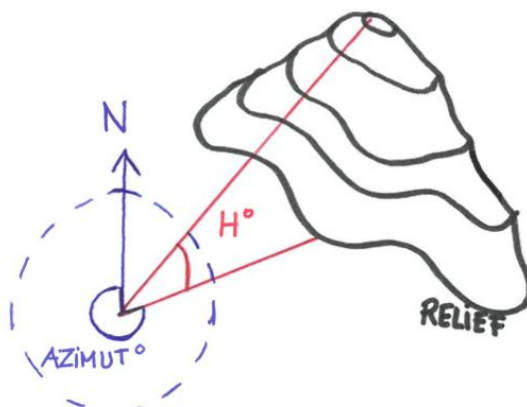
Ainsi pour un élément situé au Rez-de-chaussée, on indique une valeur d'altitude point d'observation 0.



4. Masques lointains

Pour chaque azimut, un masque lointain est caractérisé par une hauteur en degrés (°).

La hauteur en ° correspond à l'angle formé entre le plan horizontal et la droite reliant le sommet du masque (point le plus haut) à l'élément étudié, au niveau de référence.



Pour les masques lointains, l'altitude du point d'observation n'a pas d'influence sur le calcul de l'effet sur l'ensoleillement.

5. Résultat

Dans l'onglet « masque site », l'outil indique un % d'effet sur l'ensoleillement.

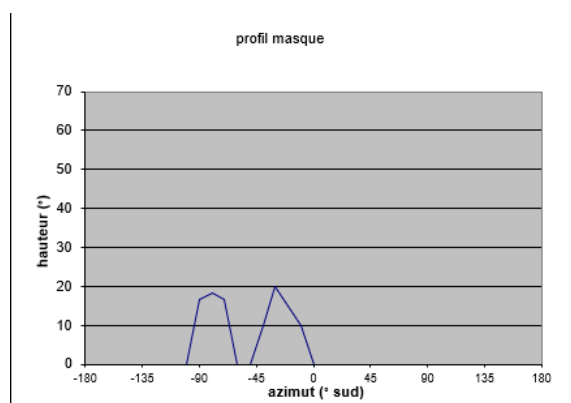
Effet sur ensoleillement -11%

Celui-ci est alors intégré dans le calcul du C_m dont la part est précisée sous le résultat C_m dans l'onglet « masque archi ».

Résultat : $C_m = 0,55$

dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : -11%

Dans l'onglet « masque site », un diagramme permet d'afficher l'importance de l'effet de masque en fonction de l'azimut.



Note : l'azimut est recalculé en unités °Sud automatiquement pour des raisons calculatoires internes à l'outil.

V. CALCUL DU FACTEUR SOLAIRE DES PAROIS OPAQUES VERTICALES (MURS)

1. Préambule

Le facteur solaire correspond à la capacité du mur et de sa protection à transmettre, à l'intérieur du bâtiment, tout ou partie de l'énergie solaire qu'ils reçoivent.

Il est exprimé en % et il est calculé en fonction de trois paramètres principaux :

- Le coefficient de masque, correspondant à l'ombrage solaire provoqué par les protections architecturales et les masques de site
- Le coefficient d'absorption solaire « alpha » qui est la capacité du mur à absorber la chaleur solaire. Cette capacité est directement liée à la teinte du revêtement extérieur : plus la teinte est sombre, plus le mur absorbe la chaleur des rayons solaires qu'il reçoit.
- La résistance thermique du mur qui correspond à sa capacité à limiter la transmission de chaleur au travers de ses composants.

Le coefficient de masque est calculé dans la première partie de l'onglet « masque archi » selon les explications détaillées au § III Masques architecturaux : calcul du Cm.

Ce chapitre traite de la détermination du coefficient d'absorption et du calcul de la résistance thermique afin de connaître le facteur solaire.

2. Type de paroi opaque / saisie de la résistance thermique

La fiche d'application relative aux protections solaires des murs détaille le périmètre et les modalités de calcul de la résistance thermique d'une paroi.

Pour déterminer la valeur de résistance thermique, l'outil informatique offre les choix suivants :

- Sélectionner une composition de mur type
- Composer les différentes couches du mur parmi une liste de matériaux
- Saisir directement la valeur de résistance thermique du mur

A. TYPE DE PAROI OPAQUE VERTICALE (MUR) NON ISOLEE

Voici une description rapide des compositions de mur type proposées par l'outil :

Type de paroi	Composition (intérieur -> extérieur) Épaisseur des composants
Simple-peau légère	Plaque de contreplaqué 12 mm
Double-peau légère	Plaque de fibrociment 12 mm + lame d'air peu ventilée (> 20 mm) + plaque de contreplaqué 12 mm
Parpaing - ép.15 cm 1 rangée d'alvéoles	Enduit ciment 16 mm + Parpaing creux 150 mm 1 rangée d'alvéoles + Enduit ciment 16 mm
Parpaing - ép.20 cm 1 rangée d'alvéoles	Enduit ciment 16 mm + Parpaing creux 200 mm 1 rangée d'alvéoles + Enduit ciment 16 mm
Parpaing - ép.20 cm 2 rangées d'alvéoles	Enduit ciment 16 mm + Parpaing creux 200 mm 2 rangées d'alvéoles + Enduit ciment 16 mm
Béton armé banché épaisseur.16 cm	Voile en béton armé 160 mm
Béton armé banché épaisseur.18 cm	Voile en béton armé 180 mm
Béton cellulaire épaisseur.15 cm	Blocs de béton cellulaire 150 mm + Enduit ciment 15 mm
Béton cellulaire épaisseur.20 cm	Blocs de béton cellulaire 200 mm + Enduit ciment 15 mm

Pour chaque composition, les revêtements de peinture sont considérés comme négligeables pour le calcul de résistance thermique.

B. COMPOSITION DE LA PAROI A SAISIR PAR L'UTILISATEUR

Si la paroi présente une composition qui n'est pas répertoriée dans la liste des compositions de mur type, ou bien elle présente des caractéristiques thermiques différentes, l'outil permet à l'utilisateur de saisir lui-même les différents composants du mur étudié.

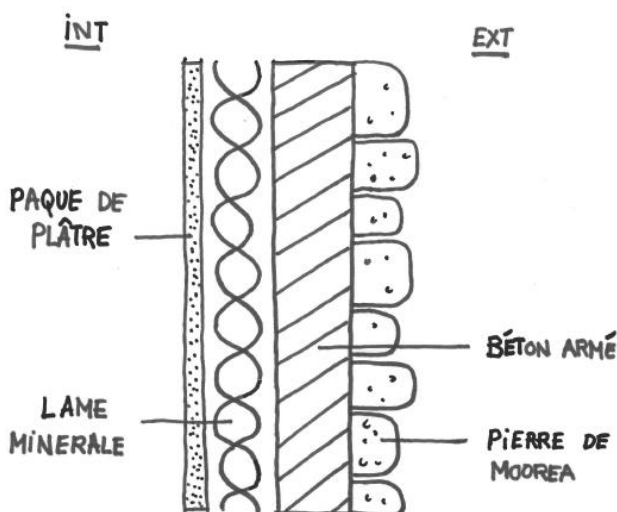
Pour chaque couche, l'outil propose une liste de choix de matériaux auxquels sont associés des valeurs de conductivité (λ). Cette liste est identique à celle indiquée dans le texte réglementaire à l'article A.221-3 de l'arrêté n°2028/CM du 30/09/2022. L'épaisseur de chaque composant doit être indiquée en **mm** et la valeur de résistance est calculée automatiquement.

Si une couche est composée d'un matériau qui n'est pas dans la liste, l'utilisateur peut sélectionner le choix « autre » et saisir directement la conductivité du matériau envisagé.

Composition de la paroi de l'utilisateur		Ep. (mm)	λ (W/m.K)	R (m².K/W)
Matériau 1	Autre	20	0,45	0,04

L'ordre de composition de la paroi n'est pas important pour le calcul de la résistance thermique. Si une lame d'air peu ou pas ventilée est présente dans le complexe de paroi, l'épaisseur doit être indiquée à la ligne « Épaisseur de la lame d'air non ventilée ».

Exemple



Composition de la paroi de l'utilisateur		Ep. (mm)	λ (W/m.K)	R (m².K/W)
Matériau 1	Plaque de plâtre	13	0,25	0,05
Matériau 2	Laine minérale (laine de verre, laine de roche)	20	0,04	0,50
Matériau 3	Béton armé	180	2	0,09
Matériau 4	Pierre de Moorea	200	1,1	0,18
Épaisseur de la lame d'air non ventilée		0mm		0,00
Résistance thermique de la paroi (m².K/W) (calcul)				0,82

Nota : l'outil ne permet pas d'indiquer plus de 4 matériaux différents pour la composition d'une paroi. Si le mur est composé de plus de 4 matériaux, l'utilisateur doit réaliser le calcul de résistance à part et en faire la saisie directement dans l'outil ou ne considérer les 4 matériaux présentant la meilleure résistance thermique

C. SAISIE DE LA VALEUR DE RESISTANCE

L'utilisateur doit sélectionner l'option « Autre – résistance thermique à saisir ».

Type de paroi opaque verticale (mur) non isolée	Autre - résistance thermique à saisir
Qu saisie de la résistance thermique de la paroi (m².K/W)	1,26

Le calcul de résistance thermique doit alors être réalisé à part, sur la base des valeurs de conductivité indiquées dans le texte réglementaire ou bien des valeurs **certifiées par un organisme indépendant ou calculées selon une norme nationale ou internationale**.

Cette option est privilégiée si la paroi est composée de plus de 4 matériaux différents.

3. Teinte / Coefficient d'absorption

Le coefficient correspond à la teinte du **revêtement extérieur du mur** considéré, en contact avec l'extérieur.

L'outil permet d'indiquer la teinte de la paroi parmi une liste prédéfinie ou bien de saisir directement la valeur du coefficient.

A. TEINTE DE LA PAROI

La fiche d'application relative aux protections solaires des murs propose différentes valeurs en fonction des teintes ou du type de matériau naturel.

La liste de choix fait référence directement à cette fiche, et notamment aux tableaux suivants :

CATEGORIES DE TEINTES	COULEURS	Coefficient
Claire	Blanc, jaune, orange, beige, crème, rouge clair, gris clair	0,4
Moyenne	Rouge sombre, vert clair, bleu clair, orange sombre, gris moyen	0,6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris sombre, bleu sombre	0,8
Noire	Gris foncé, brun sombre, noir	1

Matériau	Valeur α
Façade en bois	0,7
Façade végétalisée	0,6

B. SAISIE DE LA VALEUR DU COEFFICIENT D'ABSORPTION

L'utilisateur saisit directement la valeur du coefficient d'absorption. Pour le caractériser, différentes méthodes sont détaillées dans la fiche d'application relative aux protections solaires des murs.

C. CAS PARTICULIER DES ECRANS (MASQUES CONTINUS) POUR LES PAROIS OPAQUES VERTICALES (MURS)

1/ L'écran recouvre entièrement le mur

Lorsqu'un écran est opaque (taux de percement = 0%), le coefficient d'absorption pris en compte dans la formule de calcul du facteur solaire est celui renseigné pour l'écran (« Teinte du brise-soleil »).

Données sur brise soleil de face	masque continu
Dimension verticale du brise soleil en face de la paroi verticale en m	1,00
Distance à la paroi verticale en m	1,00
Teinte du brise soleil	Claire
Taux de percement du brise soleil	0%

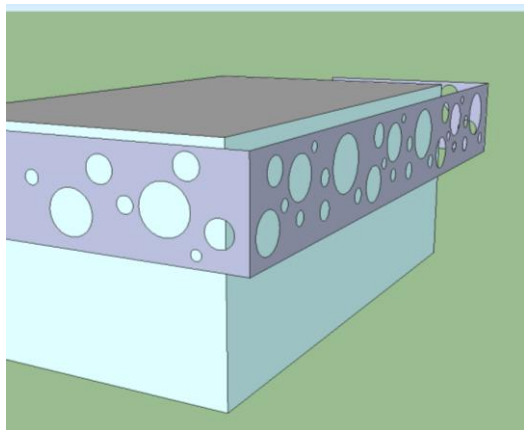
Dans le cas contraire, un coefficient d'absorption équivalent est automatiquement calculé selon la formule de l'article A.222-2 du CAPF en considérant la teinte du masque, son taux de percement et la teinte du mur (méthodologie rappelée dans la fiche d'application relative aux parois opaques verticales).

Données sur brise soleil de face	masque continu
Dimension verticale du brise soleil en face de la paroi verticale en m	1,00
Distance à la paroi verticale en m	1,00
Teinte du brise soleil	Claire
Taux de percement du brise soleil	50%

Teinte de la paroi	Sombre
Ou saisie de la valeur du coefficient d'absorption α	

2/ L'écran ne recouvre pas entièrement le mur

Dans ce cas, la teinte du brise-soleil à renseigner est celle du mur car l'outil ne calcule pas automatiquement le pourcentage de façade protégé par l'écran.



Exemple

Un mur est protégé par une résille d'une hauteur de 1 mètre sur toute sa longueur. Sans considération de son taux de percement, sa résille ne recouvre pas entièrement le mur. Ainsi, dans l'outil, la teinte du brise-soleil à indiquer est « moyenne », correspondant au bleu clair de la paroi, et non « sombre » correspondant au « gris moyen » de la résille.

Données sur brise soleil de face	masque continu
Dimension verticale du brise soleil en face de la paroi verticale en m	1,00
Distance à la paroi verticale en m	0,50
Teinte du brise soleil	Moyenne
Taux de percement du brise soleil	30%

Teinte de la paroi
 Ou saisie de la valeur du coefficient d'absorption α

4. Résultat

L'outil affiche le résultat du facteur solaire de mur en pourcentage. Un code couleur indique si le résultat est conforme aux objectifs (fond vert) ou s'il est non conforme (fond rouge) :

Résultat : FS MUR = 2,3% <i>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</i>
Résultat : FS MUR = 12,7% <i>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</i>

5. Recommandations

La teinte du revêtement extérieur du mur ou de l'écran de protection a une influence très importante sur le résultat (valeur du coefficient alpha). C'est donc ce paramètre qu'il faut modifier en priorité si on souhaite diminuer radicalement la valeur du coefficient de masque.

La valeur de résistance thermique peut être améliorée aisément dès lors que l'épaisseur d'isolant est augmentée. La valeur de résistance thermique d'une lame d'air peu ou pas ventilée augmente faiblement au-delà de 1 cm d'épaisseur et reste plafonnée à partir de 1,5 cm d'épaisseur.

Afin de favoriser la désurchauffe du bâtiment la nuit et d'éviter l'accumulation de chaleur dans les façades, il est recommandé de limiter au maximum l'utilisation d'isolant pour faire diminuer le facteur solaire. La protection solaire extérieure est le procédé constructif idéal pour permettre une réduction des consommations de climatisation et/ou un confort hygrothermique naturel satisfaisant, et cela pour tout type de bâtiment.

Les protections solaire verticales de type écran, joues latérales ou brise-soleil sont efficaces sur toutes les orientations de façade. Les protections solaire horizontales sont, quant à elles, plus efficaces au Nord et au Sud.

Pour diminuer l'impact financier de la protection solaire sur un bâtiment, il est possible de rendre ces ouvrages utiles autrement que pour leur fonction de protection : les protections solaire horizontales peuvent être réalisées par des coursives extérieurs, balcons ou terrasses, les joues latérales peuvent être réalisées par des décrochés de façades, les brise-soleils peuvent jouer le rôle d'écrans de protection pour l'intimité.

Le concepteur peut consulter la liste des solutions conformes à la REBPF dans la fiche d'application relative aux protections solaires des parois verticales opaques afin d'orienter ses choix.

VI. CALCUL DU FACTEUR SOLAIRE DES BAIES

1. Préambule

Le facteur solaire correspond à la capacité d'une baie et de sa protection à transmettre, à l'intérieur du bâtiment, tout ou partie de l'énergie solaire qu'ils reçoivent.

Il est exprimé en % et il est calculé en fonction de deux paramètres :

- Le coefficient de masque correspondant à l'ombrage solaire provoqué par les protections architecturales et les masques de site
- Le facteur solaire intrinsèque de la baie simple (sans masque) ou de la baie équipée d'une protection rapportée, correspondant, selon le cas, à la capacité de la fenêtre ou du complexe composé par la fenêtre et sa protection rapportée à transmettre l'énergie solaire qu'elle reçoit

Le coefficient de masque est calculé dans la première partie de l'onglet « masque archi » selon les explications détaillées au § III Masques architecturaux : calcul du Cm.

Une protection rapportée est un ouvrage mobile de type volet ou store positionné devant la baie côté extérieur. Le comportement vis-à-vis des apports solaires étant très différent lorsqu'une baie est protégée ou non par ce type de protection, le calcul du facteur solaire de baie est calculé différemment selon le cas.

Si la baie n'est pas protégée par cette protection rapportée, le facteur solaire de baie est calculé en fonction d'un facteur solaire de baie simple FSo tel que :

$$FS = FSo \times Cm$$

Si la baie est protégée par une protection rapportée, le facteur solaire de baie est calculé en fonction d'un facteur solaire de baie simple + protection rapportée FSp tel que :

$$FS = FSp \times Cm$$

Ce chapitre traite de la détermination du facteur solaire de baie sans masque ou avec protection rapportée afin de connaître le facteur solaire général de la configuration baie ou protection rapportée + masque.

2. Facteur solaire d'une baie simple FSo

La fiche d'application relative à la protection solaire des baies détaille le périmètre et les modalités de calcul du facteur solaire d'une baie simple.

Pour déterminer cette valeur, l'outil informatique offre les choix suivants :

- Sélectionner un type de vitrage parmi une liste de choix
- Saisir directement la valeur de facteur solaire du vitrage Sv qui équipe la fenêtre, si cette valeur est certifiée

A. TYPE DE VITRAGE

Voici une description rapide des types de vitrages proposés par l'outil :

Type de vitrage	Description
Aucun	Aucun vitrage
Simple vitrage clair	Baie équipée d'un vitrage simple clair
Simple vitrage teinté	Baie équipée d'un vitrage simple teinté
Simple vitrage à contrôle solaire	Baie équipée d'un vitrage simple traité pour le contrôle solaire
Double vitrage clair	Baie équipée d'un vitrage double clair
Double vitrage teinté	Baie équipée d'un vitrage double teinté
Double vitrage à contrôle solaire	Baie équipée d'un vitrage double à contrôle solaire
Lames opaques (toutes teintes sauf noires)	Baie équipée d'un système d'ouverture à jalousie avec des lames non vitrées (opaques) dont la teinte est claire, moyenne ou sombre
Lames opaques noires	Baie équipée d'un système d'ouverture à jalousie avec des lames non vitrées (opaques) de teinte noire

Pour rappel :

- Un vitrage clair est un verre n'ayant subi aucun traitement particulier vis-à-vis de ses performances en termes de transmission lumineuse et de transmission solaire ; un vitrage teinté est un verre ayant subi une coloration lui permettant de diminuer sa capacité à transmettre la lumière naturelle mais aussi la chaleur solaire à l'intérieur du bâtiment ;
- Un vitrage à contrôle solaire est un verre ayant subi un traitement spécifique lui permettant de diminuer sa capacité à transmettre la chaleur solaire à l'intérieur du bâtiment tout en permettant une bonne pénétration de la lumière naturelle ;
- Un simple vitrage est une vitre composée d'une ou plusieurs couches de verre collées entre elles ;
- Un double vitrage est composé de deux vitrages simples séparés par une lame remplie de gaz ou d'air.

B. SAISIE DE LA VALEUR DU FACTEUR SOLAIRE DE VITRAGE SV

L'utilisateur doit sélectionner l'option « Autre (donnée fabricant) ».

Type de vitrage	Autre (donnée fabricant)
Qu'autre = donnée fabricant Sv (%)	0,88

La valeur du facteur solaire de vitrage est donnée par le fabricant sur la base des normes de références prévues par la réglementation.

Cette option est privilégiée si les données du fabricant démontrent des performances différentes de celles des types de vitrages indiqués dans la liste.

C. RESULTAT

Le facteur solaire de la menuiserie est indiqué à la ligne correspondante. Il est alors aisé de comparer les différents types de vitrages et les données du fabricant.

Facteur solaire de la menuiserie (So) (calcul)	0,60
---	------

3. Facteur solaire d'une baie simple avec protection rapportée

La fiche d'application relative aux protections solaires des baies détaille le périmètre et les modalités de calcul du facteur solaire d'une baie protégée par une protection rapportée.

Même en cas de recours à une protection rapportée, il est nécessaire de renseigner le type de vitrage ou la valeur de Sv.

A. TYPE DE PROTECTION RAPPORTEE

La réglementation, tout comme l'outil informatique, cadre les types de protections rapportées afin de simplifier le calcul du facteur solaire.

À la ligne « Type de protection rapportée », il est possible de choisir entre 4 types de protections.

Type de protection rapportée	Volets pleins ou ajourés jusqu'à 30% (roulant, coulissant, battant)
-------------------------------------	--

La liste des types de protections rapportées est explicitée dans le tableau ci-après :

Type de protection rapportée	Type	Remplissage	Système d'ouverture
Volets pleins ou ajourés jusqu'à 30% (roulant, coulissant, battant)	Volet ou Store	Plein, opaque, ou ajouré jusqu'à 30%	Autre que à projection ou oscillo-battant
Volets ajourés entre 30% et 60% (roulant, coulissant, battant)	Volet ou Store	Ajouré entre 30% et 60%	Autre que à projection ou oscillo-battant
	Store	Toile transparent	À projection ou oscillo-battant
	Store	Lames type vénitien ou californien	Tout type d'ouverture

Volets ajourés à 60% et plus (roulant, coulissant, battant)	Volet	Ajouré jusqu'à 80%	Tout type d'ouverture
Volets pleins ou ajourés jusqu'à 60% projetables	Volet ou Store	Plein, opaque, ou ajouré jusqu'à 60%	À projection ou oscillo-battant

B. RESULTAT

Le facteur solaire de la baie protégée par une protection rapportée est indiqué à la ligne correspondante.

ou de la protection rapprochée (Sp) (calcul)	0,60
---	------

4. Pourcentage de la surface de menuiserie par rapport à la façade

Le pourcentage de la surface de baie est explicité dans la fiche d'application relative à la protection solaire des baies. L'utilisateur doit indiquer à cette ligne si la configuration de baie étudiée est située sur une façade dont le pourcentage de surface de baie est supérieur ou non à 70%.

Pourcentage de la surface de la menuiserie par rapport à la façade	<70%
---	------

ATTENTION : dans le cas d'un local associé à la typologie « Enseignement », il faut impérativement sélectionner un taux de vitrage supérieur ou égal à 70% afin de s'assurer que le résultat fourni par l'outil est le bon !

5. Résultat

L'outil affiche le résultat du facteur solaire de baie en pourcentage. Un code couleur indique si le résultat est conforme aux objectifs (fond vert) ou s'il est non conforme (fond rouge):

Résultat : FS BAIE = 29,2%
<i>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</i>
Résultat : FS BAIE = 56,2%
<i>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</i>

6. Recommandations

La protection solaire horizontale est le procédé constructif idéal pour diminuer les apports solaires tout en conservant un apport en lumière naturelle intéressant. Les protections horizontales ajourées, à lames orientées par exemple, permettent d'éviter la stagnation de chaleur au droit du vitrage et permettent ainsi un rafraîchissement naturel plus efficace.

Le choix d'un vitrage à contrôle solaire doit être privilégié à celui d'un vitrage teinté car il permet un accès à la lumière naturelle plus important.

Les protections solaire verticales de type joues latérales ou brise-soleil sont efficaces sur toutes les orientations de façade. Les protections solaire horizontales sont, quant à elles, plus efficaces au Nord et au Sud.

Pour diminuer l'impact financier de la protection solaire sur un bâtiment, il est possible de rendre ces ouvrages utiles autrement que pour leur fonction de protection : les protections solaire horizontales peuvent être réalisées par des coursives extérieurs, balcons ou terrasses, les joues latérales peuvent être réalisées par des décrochés de façades ou bien en reculant la position de la baie par rapport au tableau de façade, les brise-soleils peuvent jouer le rôle d'écrans de protection pour l'intimité.

Le concepteur peut consulter la liste des solutions conformes à la REBPF dans la fiche d'application relative aux protections solaires des baies afin d'orienter ses choix.