



# FICHE D'APPLICATION DE LA REGLEMENTATION ENERGETIQUE DES

# BATIMENTS

## EN POLYNESIE FRANCAISE

### FICHE THEMATIQUE N°4 : PROTECTION SOLAIRE DES BAIES



Cette fiche synthétise de manière exhaustive les règles et les paramètres de calcul pour évaluer les performances des baies. Au travers de cette fiche, on apporte la réponse aux questions suivantes :

**À quels locaux s'applique la thématique de protection solaire des baies ?**  
**Comment calculer le facteur solaire des baies concernées ?**  
**Quelles sont les solutions techniques courantes pour atteindre le seuil ?**

Version juillet 2023

# SOMMAIRE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | Enjeux de la protection solaire des baies.....  | 3  |
| II.   | Textes de référence.....  | 4  |
| 1.    | Loi de Pays.....  | 4  |
| 2.    | Délibération.....   | 4  |
| 3.    | Arrêté CM.....  | 4  |
| III.  | Définitions.....  | 5  |
| IV.   | Périmètre d'application de la thématique.....   | 8  |
| 4.    | Typologies concernées.....  | 8  |
| 5.    | Locaux concernés.....   | 9  |
| V.    | Déterminer les seuils qui s'appliquent aux baies du projet de construction            | 13 |
| 1.    | Détermination de l'orientation d'une baie verticale.....                              | 13 |
| 2.    | Seuils fixés pour les baies verticales.....   | 14 |
| 3.    | Calcul du taux de surface de baie.....  | 15 |
| 4.    | Cas des baies horizontales.....   | 15 |
| VI.   | Calcul du facteur solaire d'une baie.....   | 17 |
| 1.    | Formule de calcul du facteur solaire.....   | 17 |
| 2.    | Facteur solaire d'une baie simple sans masque (FS <sub>o</sub> ).....                 | 17 |
| 3.    | Facteur solaire d'une baie avec protection rapportée sans masque (FS <sub>p</sub> ).. | 18 |
| 4.    | Coefficient de masque (C <sub>m</sub> ) d'une baie verticale.....                     | 21 |
| 5.    | Cas des baies horizontales.....   | 28 |
| 6.    | Cas des masques végétaux.....   | 28 |
| 7.    | Recommandations.....  | 31 |
| VII.  | Étude de cas.....   | 32 |
| 1.    | Exemple d'un bâtiment d'enseignement.....   | 32 |
| VIII. | Exemples de dispositions conformes à la REBPf.....                                    | 49 |
| 1.    | Solutions techniques appliquées à des fenêtres vitrées sur allège.....                | 49 |
| 2.    | Solutions techniques appliquées à des portes-fenêtres vitrées.....                    | 50 |

## I. ENJEUX DE LA PROTECTION SOLAIRE DES BAIES

Les thématiques liées à l'enveloppe du bâtiment (protection solaire des toitures, murs et baies) permettent de réduire les consommations de climatisation, qui diminuent dès lors que la chaleur accumulée dans les bâtiments est réduite.

Les apports de chaleur solaire par les baies représentant une part importante des apports sur un bâtiment, la protection solaire des baies représente donc un enjeu important pour améliorer la sobriété énergétique des bâtiments en Polynésie française.

Cette thématique traite des dispositifs destinés à protéger les **fenêtres, portes-fenêtres et l'ensemble des baies** d'un bâtiment des effets du rayonnement solaire.

Les dispositifs constructifs visant à créer de l'ombre (auvent, casquettes, brise-soleil, stores et volets extérieurs, ...), mais aussi les masques de site (relief et bâtiments voisins), permettent de limiter ces apports solaires et améliorent le confort dans le bâtiment.

Ces dispositions constructives peuvent être contraignantes au regard des habitudes de construction actuelles en Polynésie française. C'est pourquoi cette thématique s'applique sur les bâtiments énergivores et ceux dont les moyens en conception architectural et technique permettent d'intégrer ces obligations et de les justifier.

Il existe d'innombrables solutions techniques pour protéger les baies 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 de la baie et de sa protection à transmettre, à l'intérieur du bâtiment, tout ou partie de l'énergie solaire qu'elles reçoivent. Un tel indicateur implique une exigence de résultat, plutôt qu'une exigence de moyens, pour se conformer à la réglementation.

## II. TEXTES DE REFERENCE

### 1. Loi de Pays

*Loi de Pays n°2022-8 du 24 janvier 2022 portant création de la réglementation énergétique des bâtiments et modifiant le livre II du code de l'aménagement de la Polynésie française.*

L'article LP 212-1 présente les définitions applicables à la réglementation. Certaines sont développées au **§III Définitions** ci-après.

### 2. Délibération

*Délibération n°2022-46 APF du 26 avril 2022 complétant les titres 2 à 6 du livre II de la première partie du code de l'aménagement de la Polynésie française, relatif à la réglementation énergétique des bâtiments*

Les dispositions relatives aux performances thermiques et au périmètre d'application de la protection solaire des baies sont fixées à l'article D.223-1 du code.

### 3. Arrêté CM

*Arrêté n°2028 CM du 30 septembre 2022 portant dispositions d'application du livre II du code de l'aménagement de la Polynésie française relatif à la réglementation énergétique des bâtiments*

*Arrêté n° 373 CM du 10 mars 2023 portant modification du livre II de la partie réglementaire du code de l'aménagement de la Polynésie française relatif à la réglementation énergétique des bâtiments*

Les conditions de mise en œuvre et de calcul des procédés techniques relatives à la protection solaire des baies des bâtiments sont fixées au travers des articles suivants :

- L'article A. 223-1 précise la formule de calcul du facteur solaire
- L'article A. 223-2 définit les valeurs de facteur solaire de baie sans masque selon leur type
- L'article A. 223-3 définit les valeurs de facteur solaire des protections rapprochées selon leur type
- L'article A. 223-4 précise les types de masques pour lesquels l'outil informatique de calcul peut être utilisé
- L'article A. 223-5 traite des modalités de calcul relatives aux écrans de protection solaire continus et non continus

### III. DEFINITIONS

#### « Local non occupé »

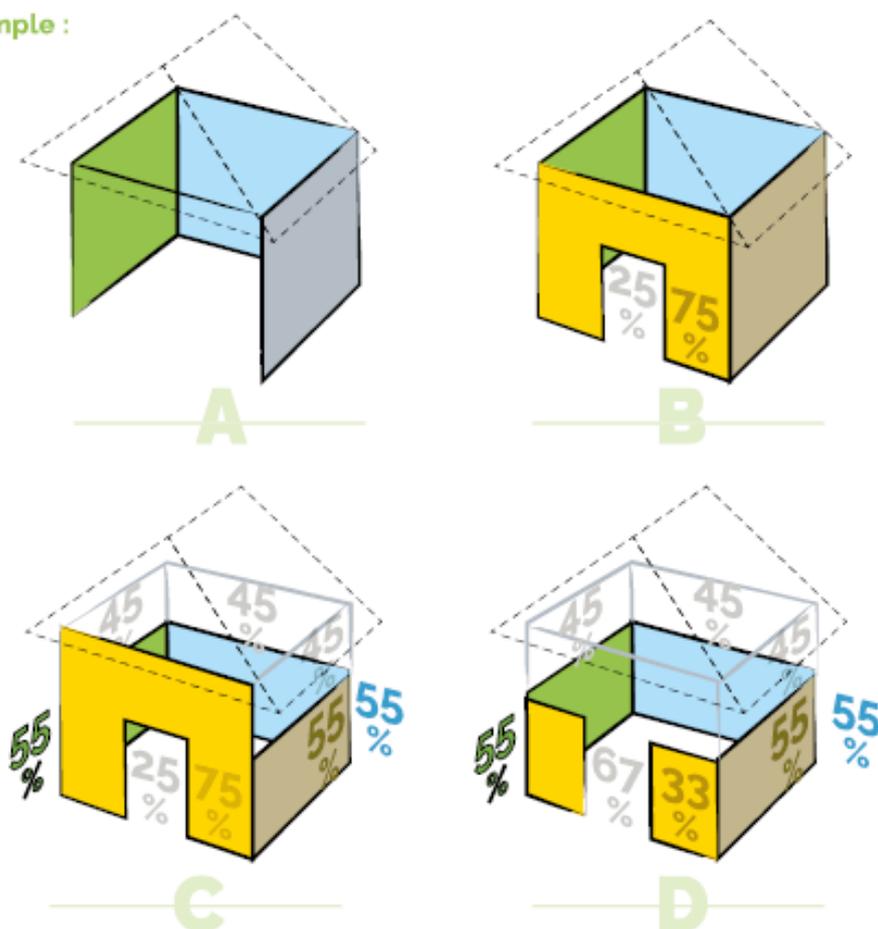
Un local non occupé est défini comme étant « occupé de façon non temporaire ». C'est un local qui, par destination, n'implique pas une durée de séjour consécutive pour un occupant supérieure à une heure.

Un tableau précisant le caractère occupés ou non occupés de certains locaux est présenté au § IV.2 Locaux concernés

#### « Local clos »

Un local clos est un local disposant d'une couverture dont chaque paroi verticale donnant sur l'extérieur est obstruée ou obturable par un dispositif de fermeture, fixe ou mobile, sur plus de 50% de sa surface (hors éléments de structure porteuse).

#### Exemple :



- A : Local non clos car au moins une paroi est ouverte sur plus de 50% de sa surface
- B : Local clos car toutes les parois sont ouvertes sur moins de 50% de leur surface
- C : Local clos car les 4 parois sont ouvertes sur moins de 50% de leur surface
- D : Local non clos car au moins une paroi est ouverte sur plus de 50% de sa surface

#### « Local en contact avec l'extérieur »

Un local en contact avec l'extérieur a une partie de son enveloppe en contact avec l'extérieur ou un local considéré comme extérieur, c'est-à-dire non clos. L'enveloppe d'un local est composée du plancher haut (ou couverture) et des murs périphériques. Les combles de toiture, non occupés ou non climatisés, ne sont considérés ni comme des locaux ni comme l'extérieur, si bien qu'un plancher haut donnant sur un comble est considéré comme formant une unique paroi avec la couverture située au-dessus du comble, autrement appelé « complexe de toiture ».

### « Baie »

Une baie est une ouverture ménagée dans une paroi extérieure ou intérieure au bâtiment servant à l'éclairage, au passage ou à l'aération. Une paroi transparente ou translucide est considérée comme une baie. Une paroi est transparente ou translucide si son facteur de transmission lumineuse (hors protection mobile éventuelle) est égal ou supérieur à 0,05.

### « Façade »

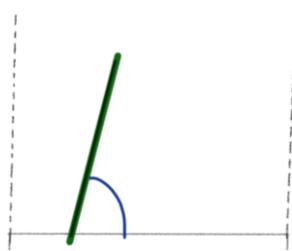
Une façade d'un bâtiment est un ensemble de parois verticales en contact avec l'extérieur composé de parois opaques et de baies ayant le même secteur d'orientation.

### « Taux de surface de baie »

Le taux de surface de baie correspond à la somme des surfaces des baies d'une façade divisée par la surface totale de la façade. La surface de baie correspond à la surface, dans le plan de la baie, de l'ensemble des éléments constitutifs incluant les parties opaques (châssis et remplissages opaques) et transparentes ou translucides (vitrages ou vide).

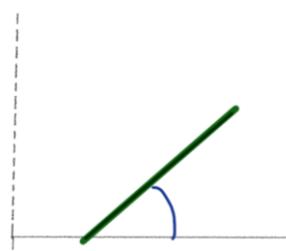
### « Paroi ou baie verticale ou horizontale »

Une baie ou une paroi est dite verticale lorsque l'angle de cette baie ou paroi vue de l'intérieur avec le plan horizontal est égal ou supérieur à 60 degrés, elle est dite horizontale lorsque cet angle vu de l'intérieur est inférieur à 60 degrés.



**ANGLE  $\geq 60^\circ$**

**PAROI OU BAIE VERTICALE**



**ANGLE  $< 60^\circ$**

**PAROI OU BAIE HORIZONTALE**

### « Protection solaire rapportée »

Les protections solaires rapportées correspondent à des écrans mobiles continus situés en recouvrement partiel ou total d'une baie. Ce sont, par exemple, des stores ou des volets, roulants, inclinables ou à lames orientables.

### « Transmission lumineuse »

La transmission lumineuse est un facteur qui caractérise la quantité de lumière transmise à travers un matériau. Plus il est élevé, meilleur est le passage de la lumière.

### « Taux de percement »

Le taux de percement représente la surface de vide divisée par la surface totale de l'élément considéré. Il peut s'agir de la surface d'écran ou bien de la surface projetée de l'écran sur l'élément à protéger. Ce point est précisé pour chaque cas où le calcul du taux de percement est nécessaire.

La formule de calcul du taux de percement est la suivante :

$$Taux_{\text{percement}} = \frac{A_{\text{vide}}}{A_{\text{baie ou protection}}}$$

Où :

- **A<sub>vide</sub>** est la surface de baie non protégée ou la surface d'absence de matériau opaque sur la protection solaire
- **A<sub>baie ou protection</sub>** est la surface de baie ou de protection solaire

### « Vitrage clair »

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.

### « Vitrage teinté »

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.

### « Vitrage à contrôle solaire »

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.

Les types de traitement peuvent être les suivants :

- Le vitrage présente une réflectivité renforcée et sélective : il bloque la chaleur mais laisse passer la lumière
- Le vitrage présente une isolation renforcée limitant la transmission de la chaleur solaire par conduction et rayonnement.

### « Simple vitrage »

Un simple vitrage est une vitre composée d'une ou plusieurs couches de verre collées entre elles.

### « Double vitrage »

Un double vitrage est composé de deux vitrages simples séparés par une lame remplie de gaz ou d'air.

### « Coefficient de masque $C_m$ »

Le *coefficient de masque* ou  $C_m$  est un coefficient de réduction qui correspond à la présence d'un masque architectural ou naturel créant un effet d'ombrage sur une paroi opaque verticale ou une baie.

### « Écran continu ou non continu »

Un écran est une paroi opaque. Il est continu dès lors qu'il est intégralement opaque sur l'ensemble de sa surface. Il est non continu dès lors qu'il existe, à un ou plusieurs endroits de sa surface, sans limite de taille, une absence de matériau.

### « Facteur solaire »

Le *facteur de transmission solaire* ou  $FS$  caractérise la capacité d'une paroi horizontale ou verticale, ou d'une baie à transmettre tout ou partie de l'énergie qu'elle reçoit et correspond au rapport entre l'énergie transmise à l'intérieur du local et l'énergie solaire reçue sur la face extérieure de cette paroi ou de cette baie.

## IV. PERIMETRE D'APPLICATION DE LA THEMATIQUE

### 1. Typologies concernées

Les dispositions relatives à la protection solaire des baies s'appliquent de façon différenciée aux typologies de bâtiments définies ci-dessous.

| Typologies            | Destinations associées   | Critères d'application  |
|-----------------------|--|---|
| Bureaux               | Construction à usage de bureaux, banque, administration, espace de coworking et locaux accessoires   | <i>Sans objet</i>   |
| Enseignement          | Crèche, garderie, école maternelle, école primaire, collège, lycée, établissement d'enseignement supérieur et tout autre bâtiment de service public ou d'intérêt collectif de l'enseignement et locaux accessoires<br>Réfectoire                                 | <i>Sans objet</i>   |
| Établissement de soin | Établissement hospitalier public ou privé (centre hospitalier, clinique, ...) et tout autre établissement public de santé et locaux accessoires<br>Structure d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées et locaux accessoires                       | <i>Sans objet</i>   |
| Hôtellerie            | Hôtel de tourisme, pension de familles, meublé de tourisme, auberge de jeunesse, village de vacances, villa de luxe, bungalow et locaux accessoires<br>Tout autre hébergement à vocation touristique et locaux accessoires                                       | Nombre d'unités d'hébergement supérieur ou égal à six ou capacité d'accueil supérieure ou égale à vingt-et-une personnes<br><br><i>Pour les bungalows, le nombre d'unités d'hébergement à considérer est le nombre de bungalows visé dans la demande de permis de construire.</i> |
| Logement collectif    | Logement collectif et locaux accessoires, notamment logement OPH et logement destiné à un public aux besoins spécifiques (petite enfance, étudiants, scolaires (internat...), jeunes travailleurs, employés saisonniers ou non, personne en situation d'urgence) | Construction d'au moins trois unités à usage d'habitation superposées ou accolées   |
| Logement individuel   | Maison individuelle, logement OPH, logements destinés à un public aux besoins spécifiques (étudiants, scolaires, jeunes travailleurs, employés saisonniers ou non, personne en situation d'urgence...)   | Construction d'au plus deux unités à usage d'habitation superposées ou accolées   |
|                       | Hôtel de tourisme, pension de familles, meublé de tourisme, auberge de jeunesse, village de vacances, villa de luxe, bungalow et tout autre hébergement à vocation touristique   | Nombre d'unités d'hébergement inférieure ou égale à cinq ou capacité d'accueil inférieure ou égale à vingt personnes  |

La méthodologie pour déterminer la ou les typologie(s) d'un projet de construction est détaillée dans la fiche d'application relative au périmètre d'application de la réglementation.

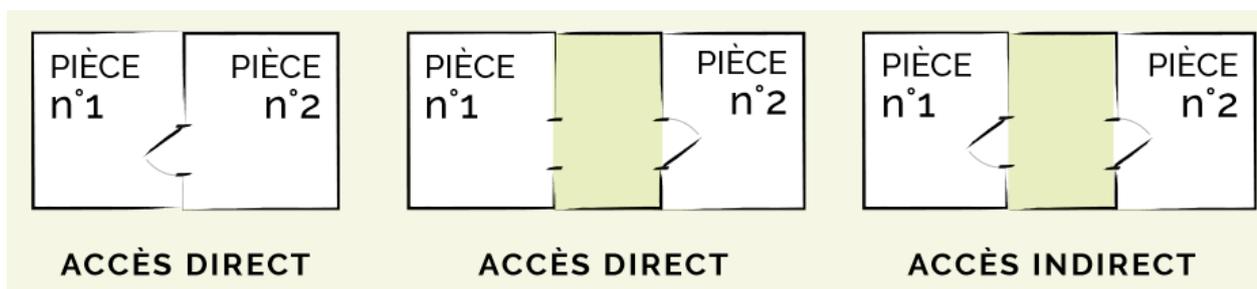
## 2. Locaux concernés

Les dispositions relatives à la protections solaires des baies s'appliquent à l'ensemble des **locaux clos et occupés ou climatisés** en contact avec l'extérieur, dès lors qu'ils appartiennent à un bâtiment ou une partie de bâtiment associé aux **typologies bureaux, enseignement, établissement de soin, hôtellerie et logement collectif**.

Les locaux non occupés bénéficiant d'un accès direct vers un ou plusieurs locaux clos et occupés ou climatisés sont également soumis à ces dispositions, à l'exception des locaux techniques, stationnements et espaces de stockage.

Les baies des locaux non occupés ne sont pas soumises à la thématique, dès lors que leur surface est inférieure à 0,5 m<sup>2</sup>.

Un accès indirect entre deux locaux est caractérisé par la présence d'un local clos tiers entre les deux locaux considérés, disposant d'une porte le séparant de chacun des deux locaux considérés.



Le tableau ci-dessous présente les types de locaux concernés ou non dans le périmètre d'application des thématiques de la protection solaire des baies :

| Types de locaux  | Concerné   |
|--|--|
| Chambres et séjours (y compris salle à manger)   | OUI  |
| Locaux d'activités diverses (atelier, détente, cafétéria, espace polyvalent, bibliothèque, informatique, salle de massage, cuisine/restauration, commerces, salles de spectacle, salle jeux, salle de réunion, salle de sport, etc.) |  |
| Cuisine privative  |  |
| Espaces de travail (bureau) y compris espaces d'accueil avec personnel permanent   |  |
| Buanderie professionnelle (dès lors qu'elle constitue un lieu de travail)  |  |
| Espace d'attente   |  |
| Réfectoire et cuisine  |  |
| Salle de bain et sanitaire (privatifs et collectifs)   | Si climatisé ou si accès direct à un local occupé/climatisé      |
| Buanderie privative et collective en « self-service »  |  |
| Dégagements (circulations, escaliers, dressing, couloirs, escaliers, paliers, halls, etc.)   | Les baies de surface < 0,5 m <sup>2</sup> ne sont pas concernées |
| Vestiaires (privatifs et collectifs)   |  |
| Cellier, débarras, stockage  | Si climatisé   |
| Stationnement clos   |  |
| Local poubelle   |  |
| Local technique  |  |

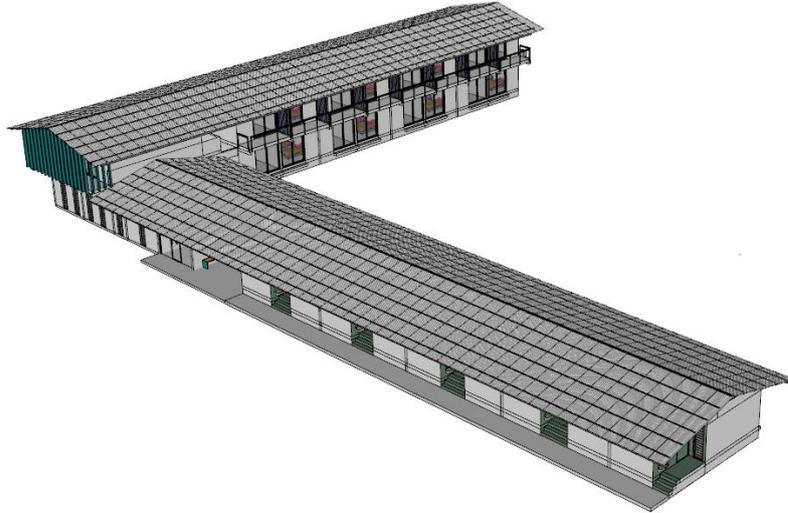
En gris les locaux non occupés

En vert les locaux occupés

### Exemple

Le projet consiste en la construction de plusieurs bâtiments d'hébergement de type internat.

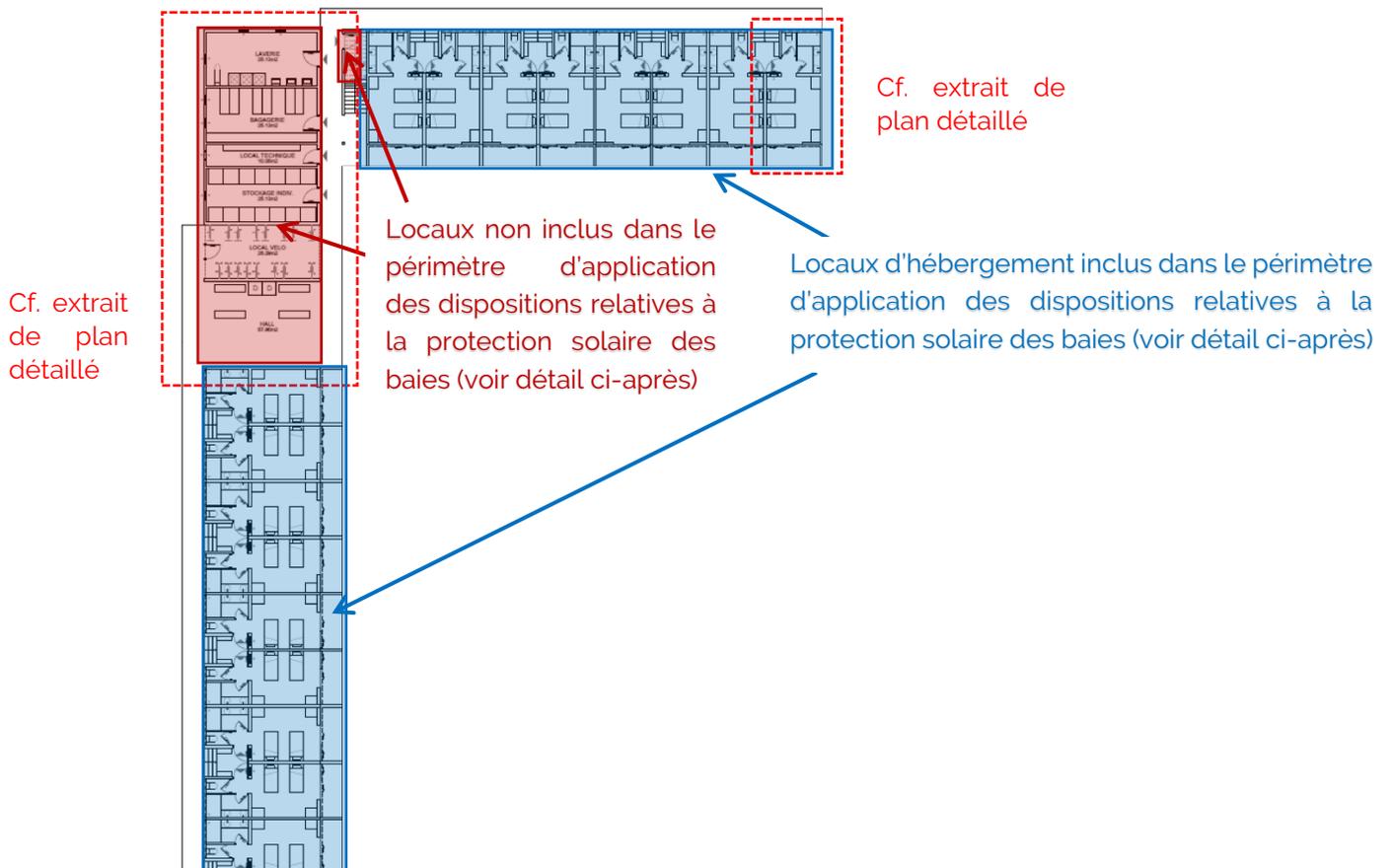
L'ensemble du projet est associé à la typologie « Logement collectif ».



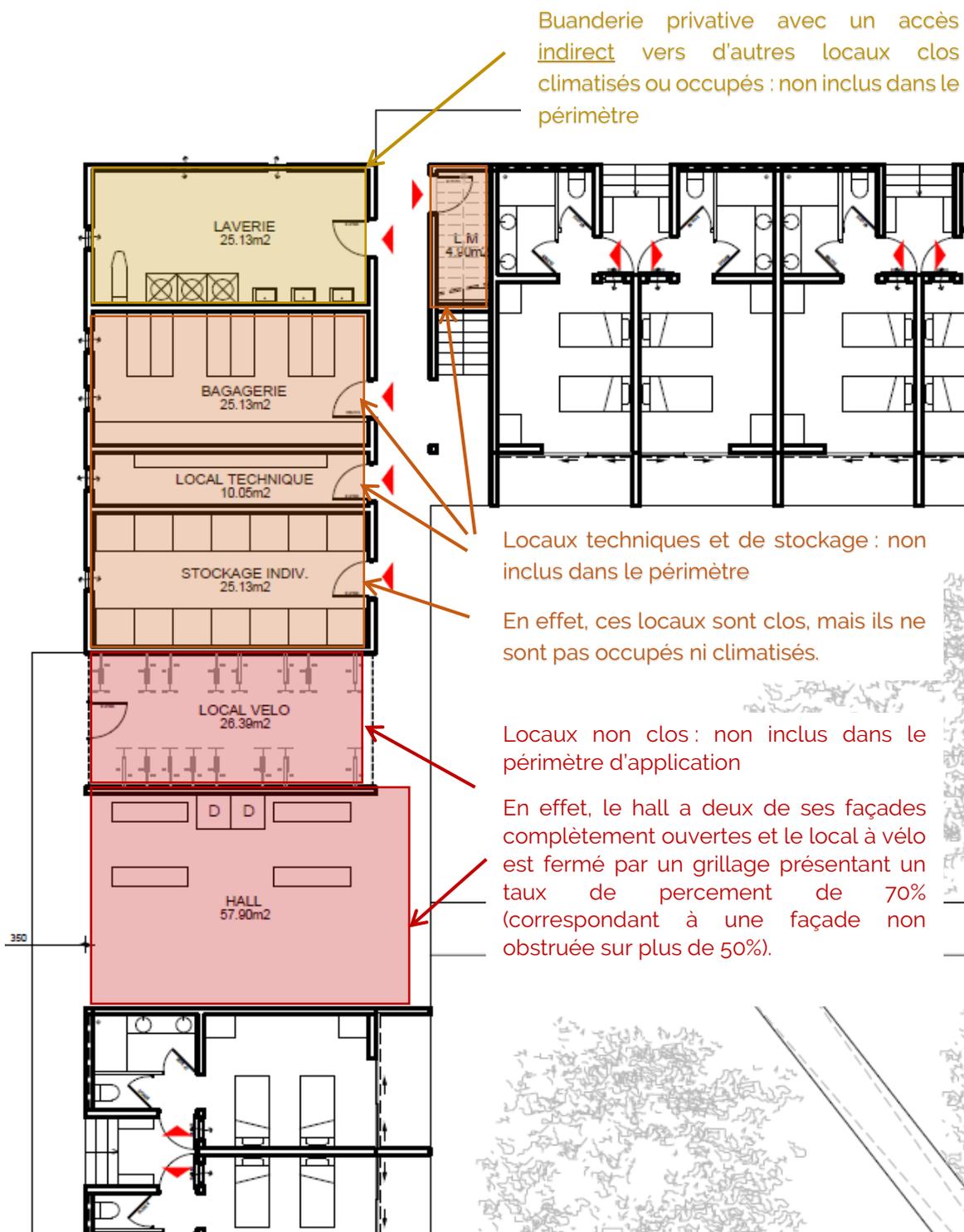
◇ Le bâtiment est composé des locaux suivants :

- Cellules d'hébergement constituées chacune d'une chambre, d'un sanitaire et d'une salle de bain
- Hall ouvert sur deux façades opposées
- Local de stationnement vélo grillagé sur deux façades opposées.
- Laverie à destination des habitants pour une utilisation privative
- Bagagerie pour le stockage des bagages
- Local technique
- Local de stockage individuel équipé de casiers

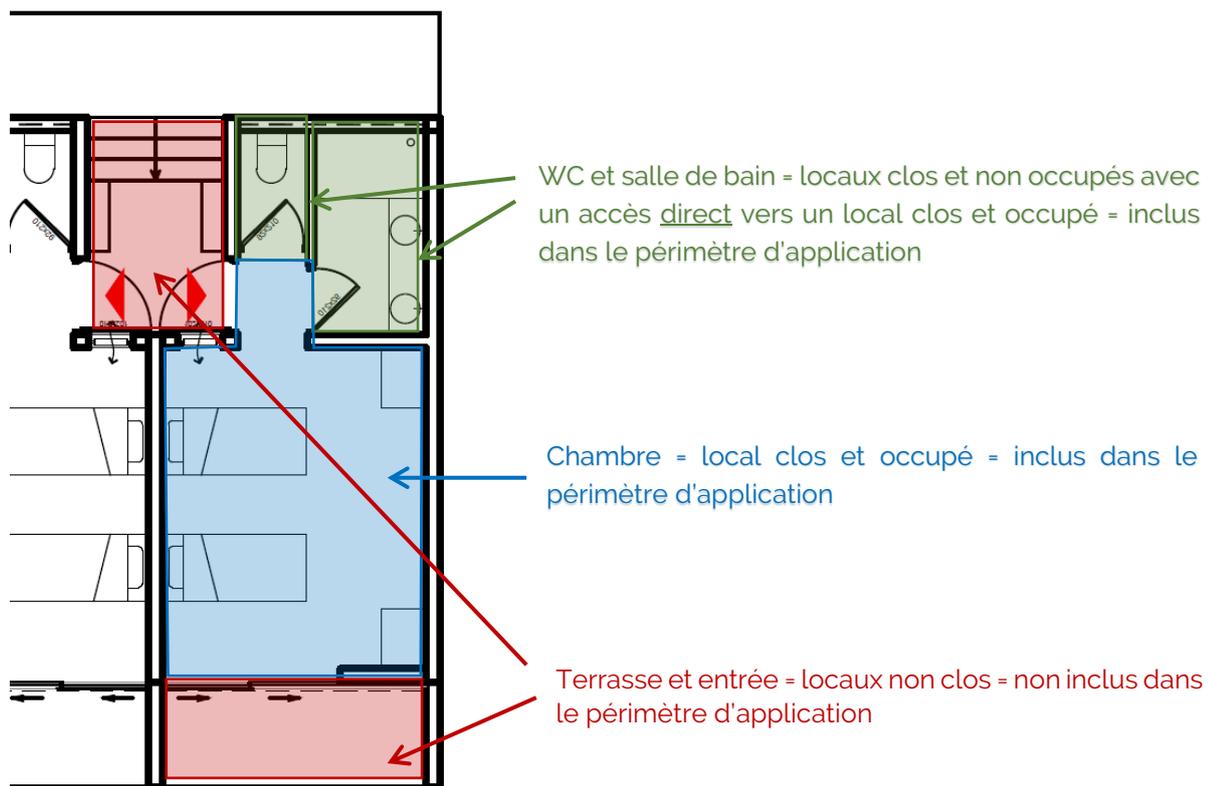
Les plans ci-dessous présentent en détail les locaux concernés par la thématique de protection solaire des baies.



◇ Plan détaillé de la zone technique de l'internat :



◇ Plan détaillé d'un des logements :



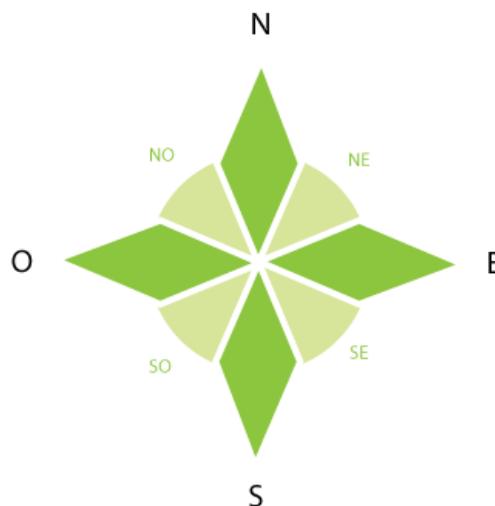
Ainsi, seules les baies des chambres, des sanitaires et salles de bain du projet seront concernées par la thématique de protection solaire des baies. Les sanitaires et les salles de bains étant des espaces considérés comme non occupés, les baies dont la surface est inférieure à 0,5 m<sup>2</sup> ne seront pas concernées par la thématique.

## V. DETERMINER LES SEUILS QUI S'APPLIQUENT AUX BAIES DU PROJET DE CONSTRUCTION

### 1. Détermination de l'orientation d'une baie verticale

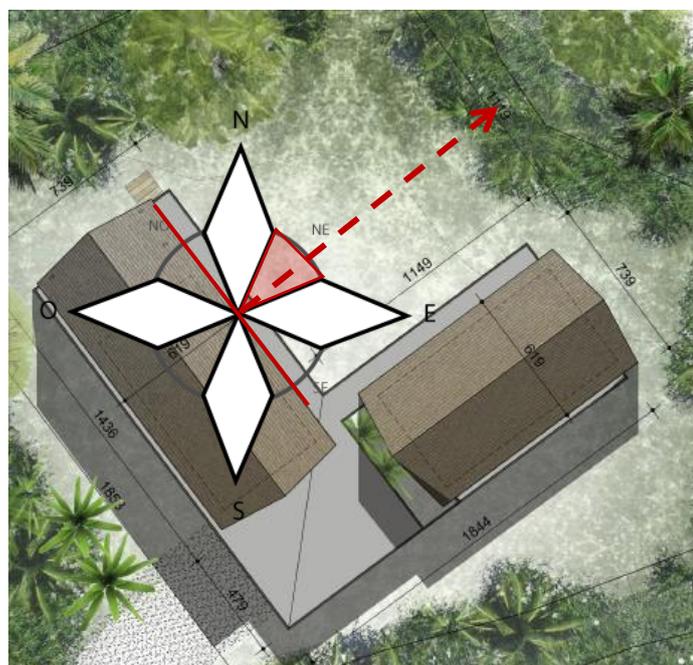
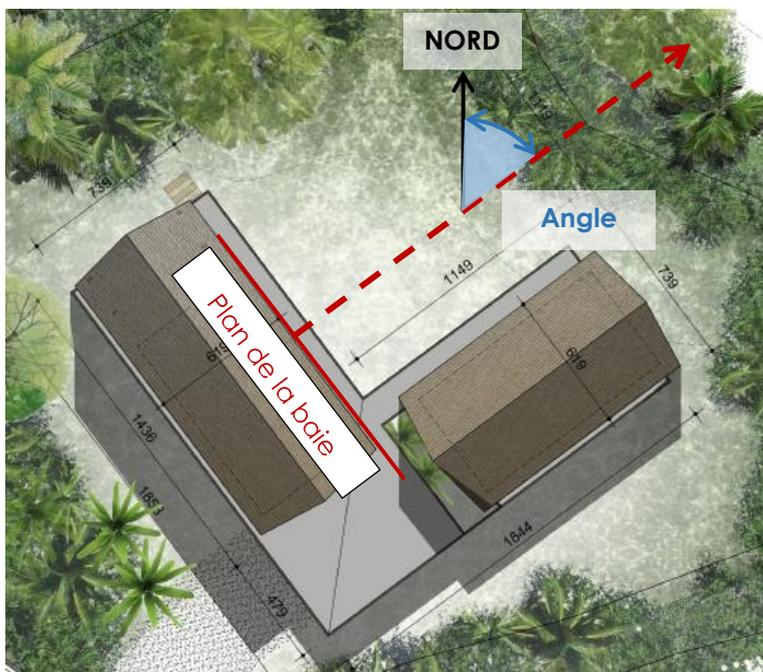
L'angle de 0° est déterminé pour la direction Nord. Les orientations sont définies comme suit :

| Angles                  | Orientation       |
|-------------------------|-------------------|
| de 337.5 °<br>à 22.5 °  | <b>Nord</b>       |
| de 22.5 °<br>à 67.5 °   | <b>Nord-Est</b>   |
| de 67.5 °<br>à 112.5 °  | <b>Est</b>        |
| de 112.5 °<br>à 157.5 ° | <b>Sud-Est</b>    |
| de 157.5 °<br>à 202.5 ° | <b>Sud</b>        |
| de 202.5 °<br>à 247.5 ° | <b>Sud-Ouest</b>  |
| de 247.5 °<br>à 292.5 ° | <b>Ouest</b>      |
| de 292.5 °<br>à 337.5 ° | <b>Nord-Ouest</b> |



#### Exemple de calcul d'une orientation de façade :

Le principe est de calculer l'angle formé par une droite en direction du Nord et une autre droite tracée perpendiculairement à la façade considérée :



L'angle est mesuré à 53,3°. D'après le tableau de correspondance des orientations, la baie étudiée présente une orientation **Nord-Est**.

Une autre méthode consiste à placer directement une « boussole » au niveau des baies du projet.

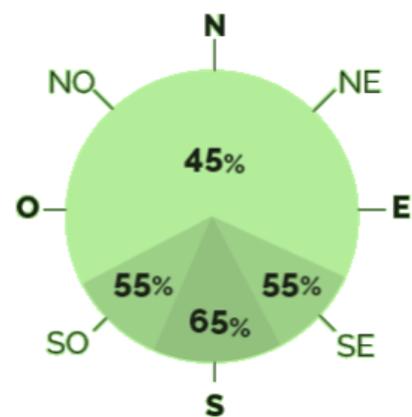
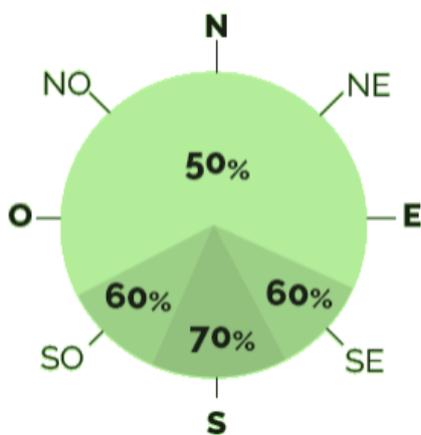
## 2. Seuils fixés pour les baies verticales

Une façade verticale ne recevant pas la même quantité de chaleur au cours de l'année selon son orientation, le seuil de performance diffère selon l'orientation de la baie concernée.

Comparativement aux murs, les baies laissent passer une grande partie du rayonnement solaire qu'elles reçoivent. Cela étant, le seuil de **facteur solaire maximal (FS max)** à atteindre est plus exigeant pour les façades largement vitrées. C'est le cas notamment des salles de classe des bâtiments d'enseignement, dont le seuil de porosité à respecter est supérieur aux autres locaux (cf. *fiche d'application relative à la ventilation naturelle*).

| Périmètre géographique                        | Typologies concernées   | Locaux concernés   | Facteur solaire maximum       |                               | Orientation de la façade               |
|---|---|--|-------------------------------|-------------------------------|--|
|   |   |  | Taux de surface de baie < 70% | Taux de surface de baie ≥ 70% |  |
| Zone A<br>(Société, Tuamotu, Marquises)       | - Logements collectifs<br>- Hôtellerie<br>- Bureaux<br>- Établissements de soin | Tous les locaux clos, climatisés ou occupés <sup>1</sup>                         | 50%                           | 45%                           | Nord, Nord-Est, Nord-Ouest, Est, Ouest |
|   |   |  | 60%                           | 55%                           | Sud-est, Sud-ouest                     |
|   | - Enseignement  | Tous locaux clos, climatisés ou occupés <sup>1</sup> hormis les salles de classe | 70%                           | 65%                           | Sud                                    |
|   |   |  | - Enseignement                | Salles de classe              | 45%                                    |
|   | 55%   | Sud-est, Sud-ouest   |                               |                               |  |
|   | 65%   | Sud  |                               |                               |  |
| Zone B<br>(Australes Gambier, zone A > 500 m) | Aucune exigence   |  |                               |                               |  |

FSmax des baies verticales selon leur orientation



Typologies « Logements collectifs », « Hôtellerie », « Bureaux », « Etablissements de soin » et « Enseignement » (hors salles de classe) dont le taux de surface de baie de la façade est inférieur à 70%

**Salles de classe (typologie « Enseignement »)** & Typologies « Logements collectifs », « Hôtellerie », « Bureaux », « Etablissements de soin » et « Enseignement » (hors salles de classe) dont le taux de surface de baie de la façade est supérieur ou égal à 70%

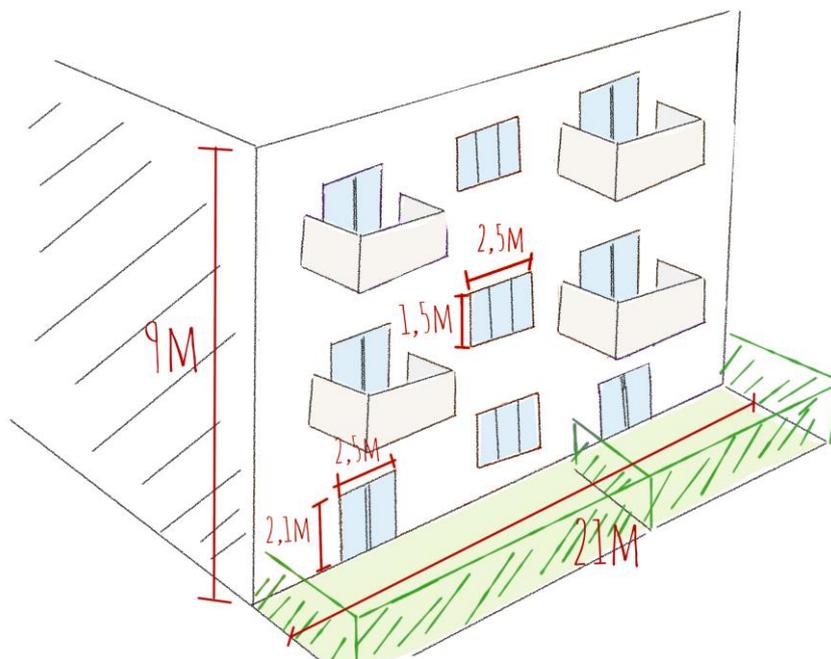
<sup>1</sup> Y compris les locaux non occupés, hors locaux techniques, stationnements et espaces de stockage dès lors que ces locaux bénéficient d'un accès direct vers un ou plusieurs locaux clos et occupés ou climatisés.

### 3. Calcul du taux de surface de baie

Pour les bâtiments dont une ou plusieurs façades présentent un taux de surface de baie  $\geq 70\%$  alors les baies de la ou des façades considérées devront respecter un seuil de performance plus exigeant.

Le taux de surface de baie est calculé en divisant la somme des surfaces de menuiseries d'une façade par la surface de la façade.

#### Exemple



Sur une façade de 21 m x 9 m de hauteur, se trouvent :

- 6 portes-fenêtres de 2,5 m x 2,1 m de hauteur
- 3 fenêtres de 2,5 m x 1,5 m de hauteur

Les dimensions des baies incluent le cadre de menuiserie, elles correspondent, en réalité, aux dimensions des tableaux.

Le calcul du % de surface de baies est donc le suivant :

$$\text{Taux}_{\text{Surface baie}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{baie } i}}{S_{\text{façade}}} = \frac{6 \times (2,5 \times 2,1) + 3 \times (2,5 \times 1,5)}{21 \times 9}$$

Soit **Taux<sub>Surface baie</sub> = 21 %**

### 4. Cas des baies horizontales

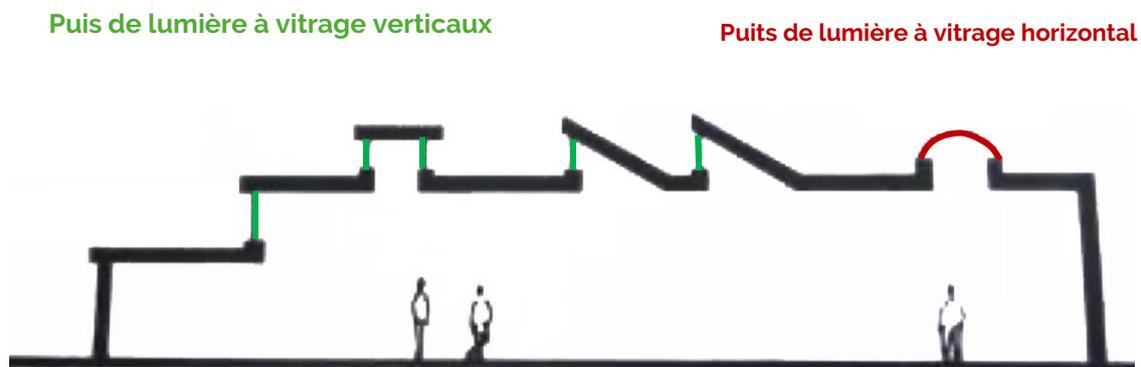
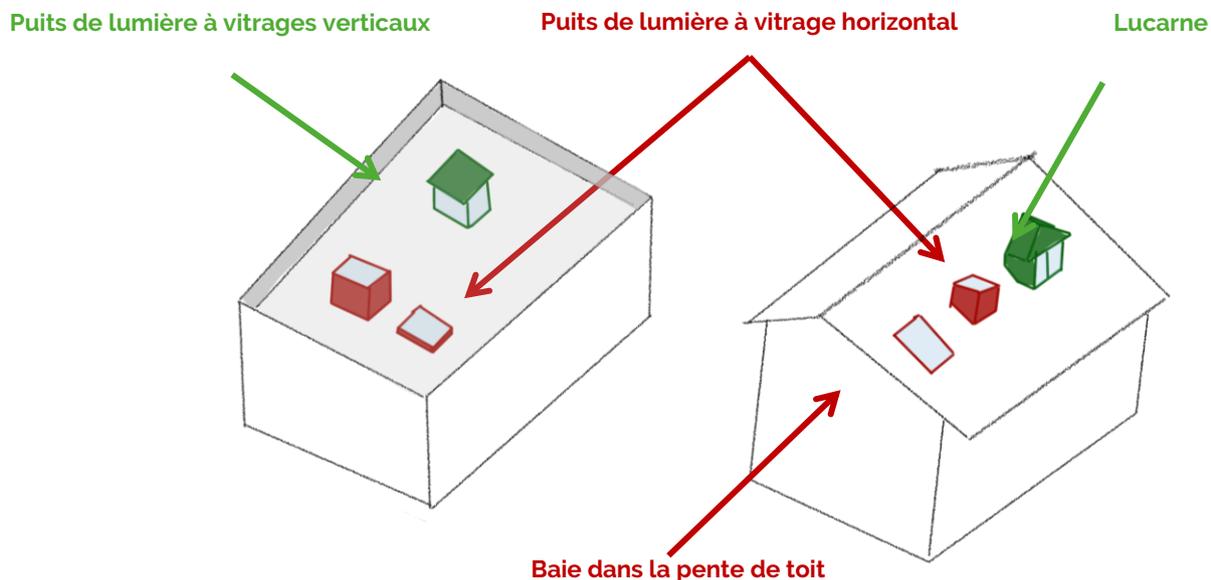
La mise en œuvre de baies horizontales est interdite dans les bâtiments ou parties de bâtiment associés à la typologie logement individuel.

Les baies horizontales, surélevées ou non ne sont pas conformes. Une baie épousant la forme de pente d'une couverture à 2 ou 4 pans n'est pas conforme dès lors que son angle par rapport au plan horizontal est inférieur à 60°.

Pour offrir une lumière zénithale dans un bâtiment de logement individuel, la réglementation permet la construction des lucarnes dans les toitures à pente et de puits de lumières à vitrage verticaux sur les toitures plates.

Pour les bâtiments ou parties de bâtiment associées à la typologie logement collectif, hôtellerie, bureaux, établissements de soin ou enseignement, **les baies horizontales sont autorisées mais le facteur solaire maximal est fixé à 45 %**.

### Exemple



#### Puits de lumière à vitrage horizontal et baies dans la pente<sup>2</sup> du toit :

- Logement individuel : **non conforme**
- Autres typologies :  $FS_{max} = 45\%$

Puits de lumières à vitrages verticaux et lucarne : conformes

<sup>2</sup> Pour les baies considérées comme horizontales. C'est-à-dire lorsque l'angle de la pente du toit (vu de l'intérieur) avec le plan horizontal est inférieur à 60 degrés.

## VI. CALCUL DU FACTEUR SOLAIRE D'UNE BAIE

### 1. Formule de calcul du facteur solaire

Le facteur solaire FS d'une baie est défini selon la formule suivante :

**Dans le cas d'une baie simple :**  $FS = FS_o \times C_m$

**Dans le cas d'une baie protégée par une protection solaire rapportée :**  $FS = FS_p \times C_m$

Où :

- **FS<sub>o</sub>** est le facteur solaire d'une baie simple sans masque architectural ;
- **FS<sub>p</sub>** est le facteur solaire d'une baie protégée par une protection solaire **extérieure** rapportée sans masque architectural ;
- **C<sub>m</sub>** est un coefficient de réduction correspondant aux masques architecturaux.

Les protections solaires rapprochées intérieures ne sont pas prises en compte dans le calcul de facteur solaire.

### 2. Facteur solaire d'une baie simple sans masque (FS<sub>o</sub>)

#### A. VALEURS FS<sub>o</sub>

Le tableau suivant indique le facteur solaire d'une baie simple selon le type vitrage :

| Type de baie   | Type de remplissage               | FS <sub>o</sub> |
|--|-----------------------------------|-----------------|
| Baie sans fenêtre ou porte   | Aucun                             | 1               |
| Tous types de fenêtre (fixes, à<br>jalousie, coulissante, battante,<br>projection, etc.) | Simple vitrage clair              | 0,75            |
|  | Simple vitrage teinté             | 0,60            |
|  | Simple vitrage à contrôle solaire | 0,55            |
|  | Double vitrage clair              | 0,65            |
|  | Double vitrage teinté             | 0,50            |
|  | Double vitrage contrôle solaire   | 0,50            |
|  | Autre                             | Sv x 0,9        |
|  | Lames opaques                     | 0,35            |
|  | Lames opaques noires              | 0,50            |

#### B. LE FACTEUR SOLAIRE DE VITRAGE SV

Le facteur solaire de vitrage (« Sv » ou « g ») correspond au facteur de transmission solaire du vitrage seul, sans le châssis. Sa valeur est calculée selon la norme EN410 (2011-04), fournie par le fabricant de vitrage.

#### Exemple de calcul d'un FS<sub>o</sub> à partir d'un Sv fourni par un fabricant

Une baie vitrée est équipée d'un verre feuilleté type « 44.2 ». Le fabricant transmet les informations suivantes :

Le facteur solaire du vitrage (g) est 0,77.

Le facteur solaire prendre en compte dans le calcul est donc :

$$FS_o = 0,77 \times 0,9 = \mathbf{0,69}$$

| Verre feuilleté de sécurité SGG STADIP et SGG STADIP PROTECT |                       |            |      |                    |      |
|--|-----------------------|------------|------|--------------------|------|
| Verre feuilleté  |                       |            |      |                    |      |
| Produit  |                       | SGG STADIP |      | SGG STADIP PROTECT |      |
|  |                       | 33.1       | 44.1 | 33.2               | 44.2 |
| Épaisseur  | mm                    | 6          | 8    | 7                  | 9    |
| Poids  | kg/m <sup>2</sup>     | 15,5       | 20,5 | 16                 | 21   |
| Facteurs lumineux  |                       |            |      |                    |      |
| TL   | %                     | 89         | 88   | 89                 | 88   |
| RL <sub>ext</sub>  | %                     | 8          | 8    | 8                  | 8    |
| RL <sub>int</sub>  | %                     | 8          | 8    | 8                  | 8    |
| T <sub>UV</sub>  | %                     | 3          | 3    | <1                 | <1   |
| Facteurs énergétiques  |                       |            |      |                    |      |
| TE   | %                     | 77         | 74   | 75                 | 72   |
| Re <sub>ext</sub>  | %                     | 7          | 7    | 7                  | 7    |
| Re <sub>int</sub>  | %                     | 7          | 7    | 7                  | 7    |
| AE   | %                     | 17         | 19   | 18                 | 21   |
| Facteur solaire g  |                       | 0,81       | 0,79 | 0,79               | 0,77 |
| Coefficient U <sub>g</sub>                                   | W/(m <sup>2</sup> .K) | 5,7        | 5,6  | 5,7                | 5,6  |
| Indices d'affaiblissement acoustique <sup>(1)</sup>          |                       |            |      |                    |      |
| R <sub>w</sub>   | dB                    | 33         | 34   | 33                 | 34   |
| C  | dB                    | -1         | -1   | -1                 | -1   |
| C <sub>tr</sub>  | dB                    | -2         | -3   | -2                 | -2   |
| R <sub>A</sub>   | dB                    | 32         | 33   | 32                 | 34   |
| R <sub>Atr</sub>   | dB                    | 31         | 31   | 31                 | 32   |

<sup>(1)</sup> Mesures acoustiques réalisées dans le cadre du marquage CE (ITT).

### C. BAIES OPAQUES

Les baies opaques avec tout type de remplissage autre que ceux indiqués dans le tableau précédent ne sont pas soumises à l'exigence de facteur solaire maximum de baie. Ainsi, une porte ne comportant aucun élément translucide n'est pas concernée par cette thématique.

## 3. Facteur solaire d'une baie avec protection rapportée sans masque (FS<sub>p</sub>)

En préambule, il est rappelé que ce type de protection est incompatible avec une fenêtre battante extérieure.

### A. VALEURS FS<sub>p</sub>

Les tableaux suivants indiquent le facteur solaire d'une baie avec une protection rapportée selon le type de protection et de vitrage.

Le % indiqué pour les éléments ajourés correspond au taux de surface libre de l'élément considéré.

Les volets et stores battants, coulissants et roulants doivent être équipés d'un système de blocage permettant de les maintenir entrouvert avec un passage d'air supérieur à 30% pour être pris en compte.

| VOLETS - Type de protection   | FS <sub>p</sub> |               |
|---|-----------------|---------------|
|   | Si FSo > 0,65   | Si FSo ≤ 0,65 |
| Volet plein, ou ajouré jusqu'à 30% avec système d'ouverture <b>autre que</b> à projection | 0,60            | 0,50          |
| Volet ajouré entre 30% et 60% (avec système d'ouverture <b>autre que</b> à projection)    | 0,45            | 0,40          |
| Volet plein, ou ajouré jusqu'à 60% avec système d'ouverture à projection                  | 0,40            | 0,30          |
| Volet ajouré entre 60% et 80% avec tous types de système d'ouverture                      | 0,65            | 0,55          |

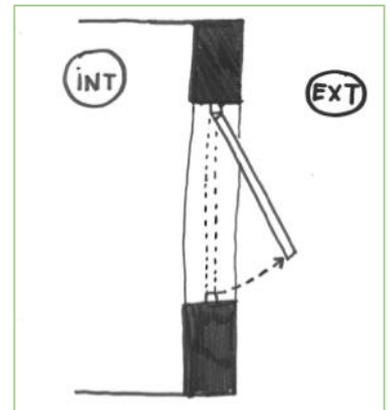
| STORES - Type de protection  | FSp           |               |
|--|---------------|---------------|
|  | Si FSo > 0,65 | Si FSo ≤ 0,65 |
| Store plein opaque, ou ajouré jusqu'à 30% avec système d'ouverture <b>autre que</b> à projection   | 0,60          | 0,50          |
| Store opaque ajouré entre 30% et 60% avec système d'ouverture <b>autre que</b> à projection. <i>Y compris stores extérieurs vénitiens ou californiens.</i><br><b>OU</b> Store en toile transparent avec système d'ouverture à projection (toutes couleurs) | 0,45          | 0,40          |
| Store plein opaque ou ajouré jusqu'à 60% avec système d'ouverture à projection<br><b>OU</b> Store toile opaque avec système d'ouverture à projection (toutes couleurs)   | 0,40          | 0,30          |
| Store ajouré entre 60% et 80% avec tous types de système d'ouverture   | 0,65          | 0,55          |

Un store transparent est caractérisé par un coefficient de transmission lumineuse (TL) tel que  $0,05 \leq TL \leq 0,20$ .

Un store opaque est caractérisé par un coefficient de transmission lumineuse (TL) tel que  $TL \leq 0,05$ .

Les stores micro-perforés ne sont pas considérés comme des stores ajourés.

Au sens de la réglementation, un système d'ouverture à projection (ou oscillo-battant) est un dispositif qui permet le basculement d'un vantail, vers l'extérieur et vers le haut, autour d'un axe horizontal situé sur la traverse haute, dans le plan de la façade.



Pour attribuer les valeurs FSp aux différentes solutions techniques, il est considéré que les protections pleines, autres que projetables, ne permettent pas un accès suffisant à la ventilation naturelle. Leur performance est donc plus faible (FSp plus élevé) car ces ouvrages sont considérés comme recouvrant seulement en partie la baie afin de permettre la ventilation naturelle (partie de baie restée libre). À contrario, la protection solaire ajourée entre 30% et 60% peut être considérée comme recouvrant totalement la baie devant laquelle elle est installée. Au-delà d'un taux de percement supérieur à 60%, le bénéfice de la protection solaire diminue puisque la protection solaire rapprochée présente moins de surface opaque.

Les volets et stores ajourés à plus de **80%** ne sont plus considérés comme des protections solaires rapprochées mais comme des écrans non continus ou brise-soleil à lames. Ils sont intégrés à l'outil informatique pour le calcul du Cm et le calcul du facteur solaire se fera dans le cas d'une baie simple.

Les volets battants positionnables à 90° de la fenêtre, avec système de blocage, pourront être considérés comme des protections latérales (« joues » gauche ou droite) pour le calcul du Cm et renseigné comme tel dans l'outil CEREMA. Ils ne seront alors plus considérés comme des protections solaires rapprochées et le facteur solaire de baie sera calculé dans le cas d'une baie simple.

### Exemples :





Volet plein roulant :  
FSp = 0,60 / 0,50



Volet plein battant :  
FSp = 0,60 / 0,50



Volet plein coulissant :  
FSp = 0,60 / 0,50



Volet ajouré (entre 30 % et 60 %) repliable :  
FSp = 0,45 / 0,40



Volet ajouré (> 60 %) coulissant :  
FSp = 0,65 / 0,55



Store opaque à projection :  
FSp = 0,40 / 0,30



Store opaque roulant :  
FSp = 0,60 / 0,50

## B. CAS D'UN STORE EXTERIEUR VENITIEN OU CALIFORNIEN

Les stores extérieurs vénitien ou californien présentent des lames mobiles à rotation permettant une gestion fine de la transmission de la lumière naturelle et de la chaleur solaire.

Ces ouvrages seront considérés comme des stores ajourés entre 30% et 60% avec système d'ouverture autre que à projection (ou oscillo-battant).

## 4. Coefficient de masque (Cm) d'une baie verticale

### A. PRESENTATION DU COEFFICIENT CM ET DE SON PRINCIPE

Le coefficient de masque est déterminé selon le type de protection solaire, créant un effet de masque, et matérialisée par :

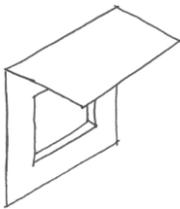
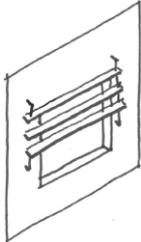
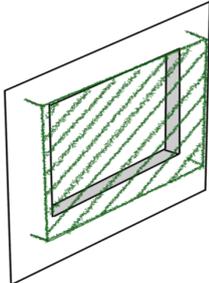
- Des éléments architecturaux, appelés pare-soleils.
- Des éléments de site, urbains ou topographiques (reliefs, bâtiments voisins)
- Des éléments végétaux, sous certaines conditions.

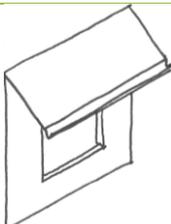
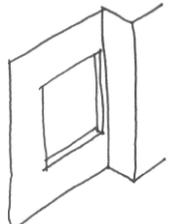
Ce coefficient est obtenu grâce à un outil informatique édité par le CEREMA et le SDE. Cet outil permet de déterminer la performance de la protection solaire envisagée en fonction de sa position par rapport à la baie, ses dimensions et l'orientation de cet ensemble.

**Toute configuration de masque solaire qui n'est pas modélisable par l'outil doit faire l'objet d'une étude spécifique en utilisant, le cas échéant, un autre outil informatique tel qu'un logiciel de simulation thermique dynamique (STD) ou de simulation énergétique dynamique (SED).**

La fiche d'application relative à l'utilisation de l'outil Cm précise les limites de l'outil et les configurations non modélisables.

Les masques architecturaux suivants sont modélisables sur l'outil Cm :

| Type de protection   | Illustration  |
|--|---|
| <p>Casquette</p> <p>Exemples : ouvrages spécifiques comme des casquettes en béton ou en aluminium, balcons ou terrasses de l'étage supérieur, etc.</p> |  |
| <p>Brise-soleil</p> <p>Exemples : lames d'aluminium ou bois, horizontales ou verticales</p>  |  |
| <p>Protection verticale ajourée</p> <p>Exemples : bardage à claire voie, double façade ajourée de type résille, etc.</p>                               |  |

|  |   |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Débord de toiture</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Exemples : prolongement de toiture permettant de couvrir la façade ou des espaces tels que circulations extérieures, terrasses, etc.</i></p> |  |
| <p style="text-align: center;"><b>Flancs de protection</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Exemples : façade crénelée, terrasse encastrée dans la façade, bâtiment voisin accolé, etc.</i></p>                                       |  |

Tout type de masque lié au site environnant peut être modélisé sur l'outil Cm. Exemples : falaise/flanc de montagne à proximité, montagne éloignée, bâtiment voisin, mur de clôture, etc.

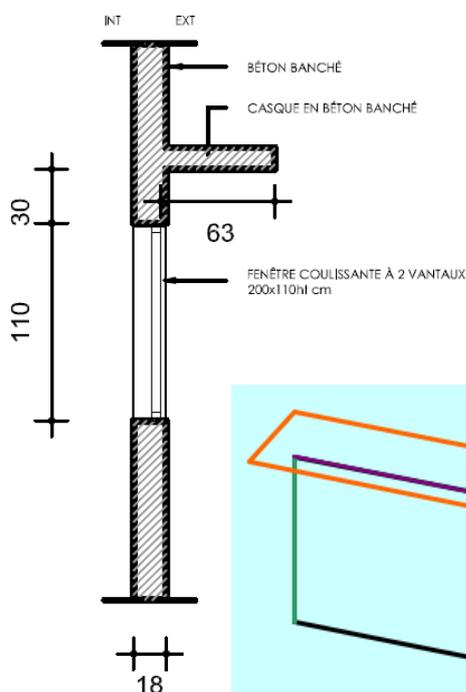
Les masques végétaux sont modélisables lorsqu'ils sont intégrés à un masque architectural tel que défini et respectant les dispositions précisées au § 6 Cas des masques .

Ces 3 types de masques peuvent être combinés dans certaines limites qui sont expliquées dans la notice spécifique sur l'utilisation de l'outil de calcul Cm.

Lorsqu'aucune protection solaire ni masque de site ne s'applique, le coefficient de masque Cm est égal à 1.

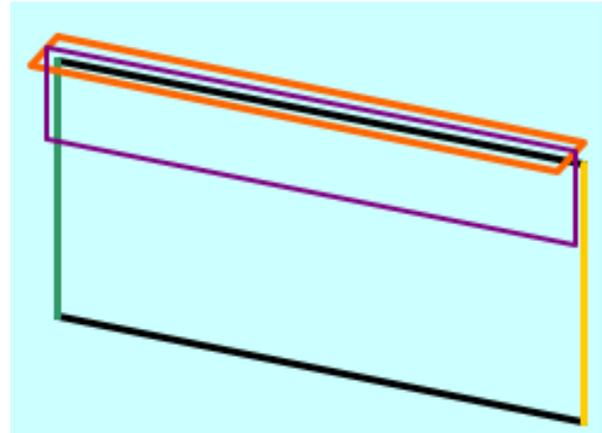
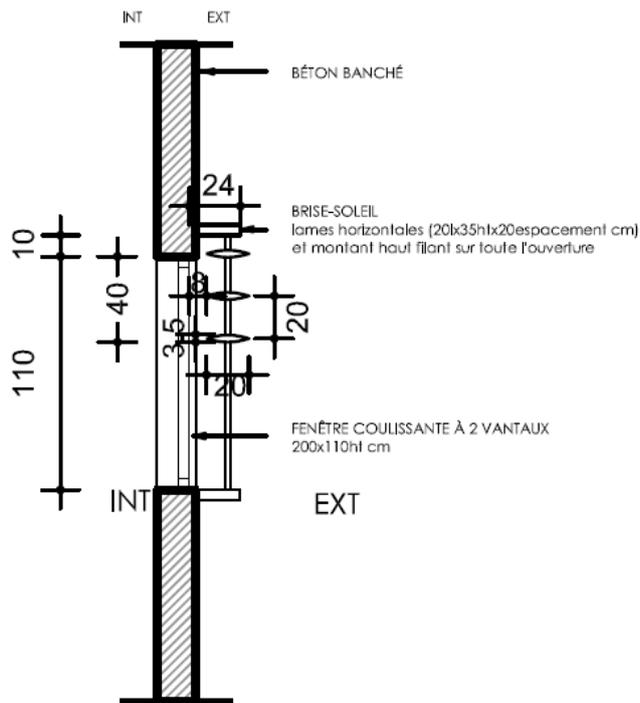
### Exemples de calcul avec l'outil

#### Casquette béton :



|  |      |               |
|--|------|---------------|
| <b>Orientation de la baie</b>  |      |               |
| Secteur d'Orientation  | NORD |               |
| OU Orientation précise (° N)   |      |               |
| <b>Dimensions de la baie</b>   |      |               |
| Largeur en m   | 2,00 |               |
| Hauteur en m   | 1,10 |               |
| Surface en m² (calcul)   | 2,20 |               |
| <b>Données sur débord ou casquette</b>                                       |      |               |
| Profondeur en m  | 0,63 |               |
| Taux de percement en %   | 0%   |               |
| <b>Données sur joue gauche</b>   |      |               |
| Profondeur en m  | 0,00 |               |
| <b>Données sur joue droite</b>   |      |               |
| Profondeur en m  | 0,00 |               |
| <b>Données sur brise soleil de face</b>                                      |      | pas de masque |
|  |      |               |
| <b>Décalés et prolongations</b>  |      |               |
| _ vers le haut en m  | 0,30 |               |
| _ vers la gauche en m  | 0,00 |               |
| _ vers la droite en m  | 0,00 |               |
|  |      |               |
| <b>Résultat : Cm = 0,64</b>  |      |               |
| <small>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</small> |      |               |

## Brise-soleil :

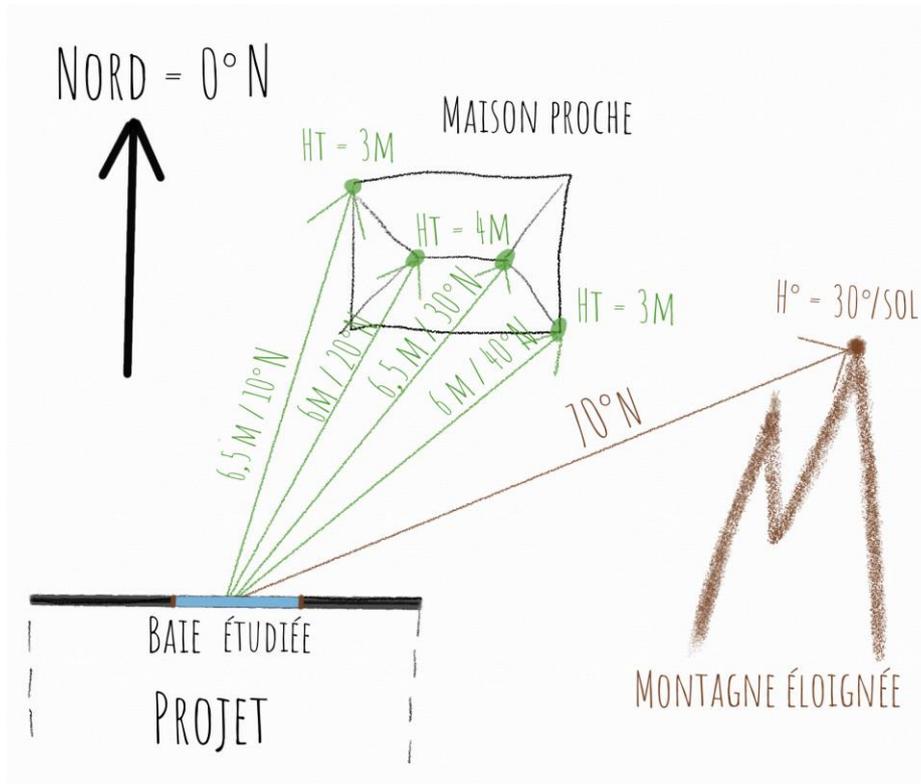


La méthodologie de modélisation des brise-soleils est détaillée dans la fiche d'application relative à l'outil Cm.

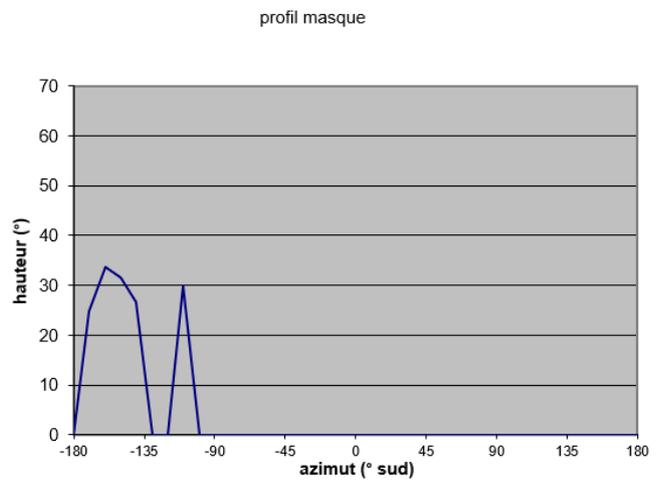
|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Orientation de la baie</b>                               |  |  |  |
| Secteur d'Orientation                                       |  | NORD   |  |
| OU Orientation précise (° N)                                |  |  |  |
| <b>Dimensions de la baie</b>                                |  |  |  |
| Largeur en m  |  | 2,00   |  |
| Hauteur en m  |  | 1,10   |  |
| Surface en m² (calcul)                                      |  | 2,20   |  |
| <b>Données sur débord ou casquette</b>                      |  |  |  |
| Profondeur en m   |  | 0,24   |  |
| Taux de perçement en %                                      |  | 0%   |  |
| <b>Données sur joue gauche</b>                              |  |  |  |
| Profondeur en m   |  | 0,00   |  |
| <b>Données sur joue droite</b>                              |  |  |  |
| Profondeur en m   |  | 0,00   |  |
| <b>Données sur brise soleil de face</b>                     |  |  | lames horizontales                         |
| Dimension verticale du brise soleil en face de la baie en m |  | 0,40   |  |
| Distance à la baie en m                                     |  | 0,08   |  |
| Teinte du brise soleil                                      |  | Moyenne  | <i>Flouge sombre, or, 0% si opaque non</i> |
| Taux de perçement du brise soleil                           |  | 0%   |  |
| <b>Si brise soleil à lames horizontales</b>                 |  |  |  |
| Distance entre les lames en m (H)                           |  | 0,20   |  |
| Inclinaison des lames en degré (α)                          |  | 0,00   |  |
| Epaisseur hors tout du brise soleil en m (calcul)           |  | 0,20   |  |
| Profondeur de la lame en m (A)                              |  | 0,20   |  |
| Epaisseur des lames en m                                    |  | 0,04   |  |
| <b>Décalés et prolongations</b>                             |  |  |  |
| _ vers le haut en m   |  | 0,10   |  |
| _ vers la gauche en m                                       |  | 0,00   |  |
| _ vers la droite en m                                       |  | 0,00   |  |
| <b>Résultat :</b>   |  | <b>Cm = 0,60</b>   |  |
|   |  | <i>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</i> |  |

### Masques lointains :

Il existe deux méthodes pour saisir les masques lointains dans l'outil de calcul. Elles sont précisées dans la fiche dédiée à l'outil.



| MASQUES urbains / batiments sur même parcelle                     |              |             | MASQUES lointains en hauteur de vue |                  |
|---|--------------|-------------|-------------------------------------|------------------|
| couples (distance (d) ; altitude (a))                             |              |             | OU                                  | -> hauteurs (h)  |
| altitude point observation (m) 0<br>si plusieurs étages (sinon 0) |              |             |                                     |                  |
| Az (° N)  | distance (m) | hauteur (m) | OU                                  | Az (° N)   h (°) |
| 0   |              |             |                                     | 0   0°           |
| 10  | 7 m          | 3,0         |                                     | 10   0°          |
| 20  | 6 m          | 4,0         |                                     | 20   0°          |
| 30  | 7 m          | 4,0         |                                     | 30   0°          |
| 40  | 6 m          | 3,0         |                                     | 40   0°          |
| 50  |              |             |                                     | 50   0°          |
| 60  |              |             |                                     | 60   0°          |
| 70  |              |             |                                     | 70   30°         |
| 80  |              |             |                                     | 80   0°          |
| 90  |              |             |                                     | 90   0°          |



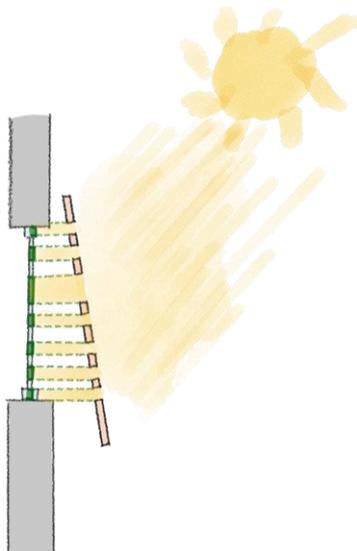
**Résultat :  $C_m = 0,98$**   
 dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : -2%

La valeur du coefficient de masque de l'environnement du projet est de 0,98. Ainsi, la construction et la montagne ne semblent quasiment pas bloquer le rayonnement solaire.

### B. CAS DES PROTECTIONS SOLAIRES VERTICALES AJOURÉES

Les protections solaires verticales ajourées seront assimilées, pour le calcul de  $C_m$ , à des masques continus percés dont le taux de percement est renseigné dans l'outil de calcul.

Le taux de percement de l'écran vertical correspond à la surface non protégée de la baie considérée lorsque l'écran est projeté sur celle-ci.



### Exemple d'une protection solaire verticale ajourée type résille sur fenêtre

#### ◇ Calcul du taux de percement :

Il est souvent plus facile de calculer la surface de partie opaque de la résille que la surface de « vide ».

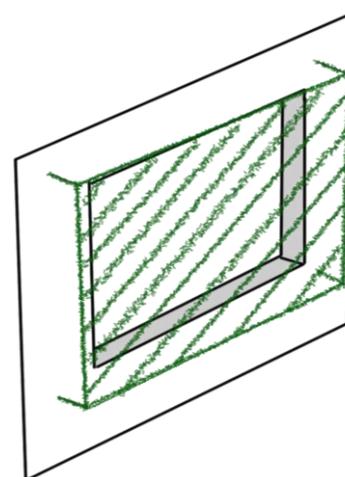
Si la résille présente une surface opaque de 0,50 m<sup>2</sup> et qu'elle est posée sur une surface totale de 1,20 m<sup>2</sup> alors le taux de percement est estimé comme suit :

$$\text{Taux}_{\text{percement}} = (1,20 - 0,50) / 1,20 = \mathbf{0,58}$$

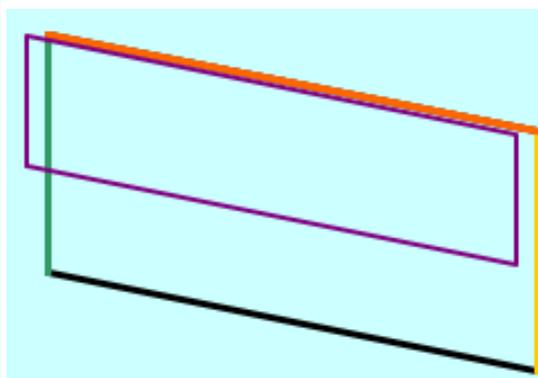
#### ◇ Calcul du Cm via l'outil :

La fenêtre présente une hauteur de 1,1 m pour une largeur de 2 m. Elle est orientée Nord-Est.

La résille est posée sur une hauteur de 60 cm en partant du haut de la façade, décollée de la baie de 20 cm et décalée de 10 cm au-dessus de la menuiserie. Elle est réalisée en aluminium laqué de couleur gris moyen (teinte moyenne).



|   |  |                |
|---|--|----------------|
| <b>Orientation de la baie</b>                               |  |                |
| Secteur d'Orientation<br>OU Orientation précise (° N)       |  | NORD-EST       |
| <b>Dimensions de la baie</b>                                |  |                |
| Largeur en m  |  | 2,00           |
| Hauteur en m  |  | 1,10           |
| Surface en m <sup>2</sup> (calcul)                          |  | 2,20           |
| <b>Données sur débord ou casquette</b>                      |  |                |
| Profondeur en m   |  | 0,00           |
| <b>Données sur joue gauche</b>                              |  |                |
| Profondeur en m   |  | 0,00           |
| <b>Données sur joue droite</b>                              |  |                |
| Profondeur en m   |  | 0,00           |
| <b>Données sur brise soleil de face</b>                     |  | masque continu |
| Dimension verticale du brise soleil en face de la baie en m |  | 0,60           |
| Distance à la baie en m                                     |  | 0,20           |
| Teinte du brise soleil                                      |  | Moyenne        |
| Taux de percement du brise soleil                           |  | 58%            |



**Résultat : Cm = 0,85**

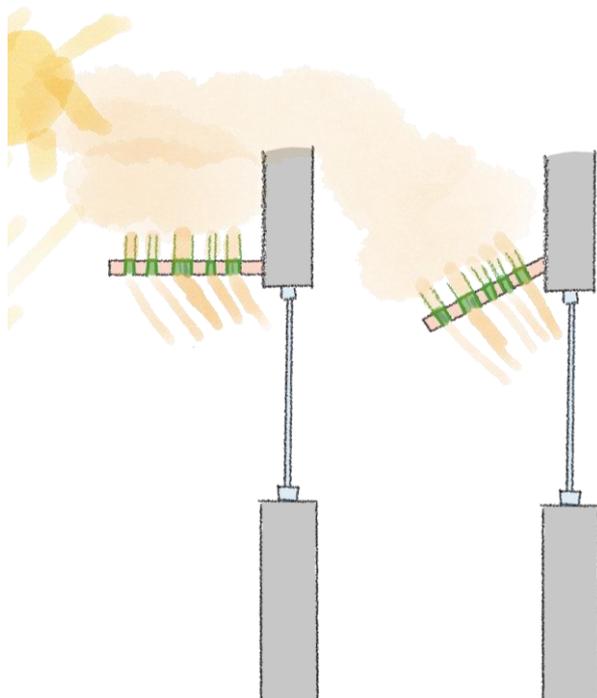
*dont part dûe à l'effet des masques lointains et urbains : 0%*

La valeur du coefficient de masque de cette protection verticale est de 0,85.

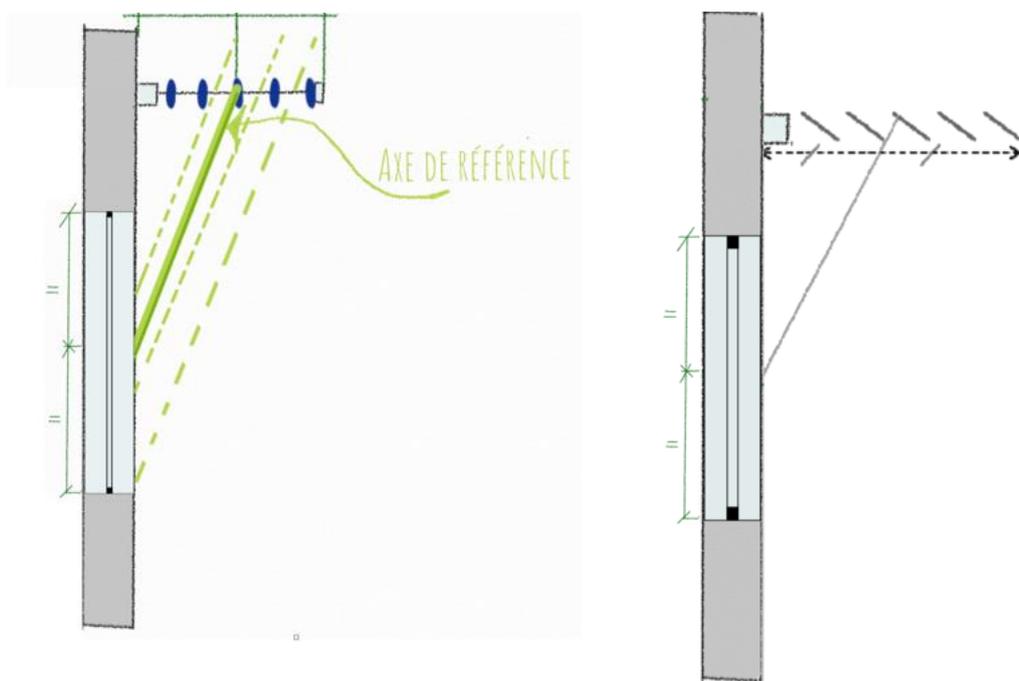
### C. CAS DES PROTECTIONS SOLAIRES HORIZONTALES PERFOREES (« DEBORDS OU CASQUETTES »)

L'outil de calcul prend en compte les protections horizontales perforées en fonction de leur taux de percement.

Le taux de percement correspond à la surface d'absence de matériau calculée dans le plan de l'écran horizontal.



Lorsque la protection solaire perforée est équipée de lames inclinées, celle-ci est considérée comme continue dès lors qu'elle est opaque au rayonnement solaire. Cela signifie que les lames se recouvrent les unes par rapport aux autres par rapport à l'axe créé par le milieu de la baie et le milieu de la protection solaire.



Lorsque cette protection horizontale est équipée de lames non inclinées ou inclinées qui ne se recouvrent pas, le taux de percement est défini comme la surface libre divisée par la surface totale de la protection. Ces surfaces sont calculées dans le plan de la protection.

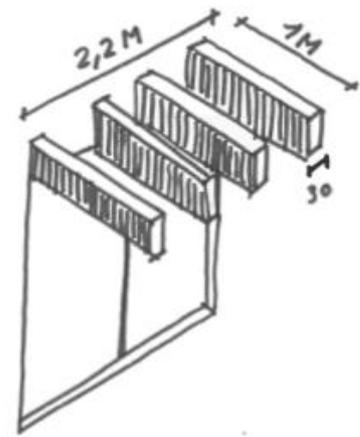
## Exemple de calcul du Cm d'une casquette horizontale ajourée

### ◇ Calcul du taux de percement :

La casquette est constituée de 4 lames de 30 cm de largeur et de 1 m de longueur. La surface totale de la casquette au-dessus de la fenêtre est 2,2 m<sup>2</sup>.

Le taux de percement est calculé comme suit :

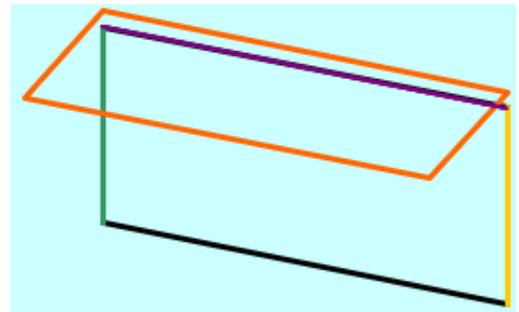
$$\text{Taux}_{\text{percement}} = (2,2 - (4 \times 0,3 \times 1)) / 2,2 = \mathbf{0,45}$$



### ◇ Calcul du Cm via l'outil :

La baie présente une hauteur de 1,2 m pour une largeur de 2,2 m. Elle est orientée Ouest. La casquette est posée sur toute la largeur de la baie à 10 cm au-dessus de l'arase supérieure de la baie.

La valeur du coefficient de masque de cette protection est de 0,78.



|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| <b>Orientation de la baie</b>  |  |                  |
| Secteur d'Orientation  |  | OUEST            |
| OU Orientation précise (° N)   |  |                  |
| <b>Dimensions de la baie</b>   |  |                  |
| Largeur en m   |  | 2,20             |
| Hauteur en m   |  | 1,20             |
| Surface en m <sup>2</sup> (calcul)                                   |  | 2,64             |
| <b>Données sur débord ou casquette</b>                               |  |                  |
| Profondeur en m  |  | 1,00             |
| Taux de percement en %   |  | 45%              |
| <b>Données sur joue gauche</b>                                       |  |                  |
| Profondeur en m  |  | 0,00             |
| <b>Données sur joue droite</b>                                       |  |                  |
| Profondeur en m  |  | 0,00             |
| <b>Données sur brise soleil de face</b>                              |  | pas de masque    |
| <b>Décalés et prolongations</b>                                      |  |                  |
| _ vers le haut en m  |  | 0,10             |
| _ vers la gauche en m  |  | 0,00             |
| _ vers la droite en m  |  | 0,00             |
| <b>Résultat :</b>  |  | <b>Cm = 0,78</b> |
| <i>dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%</i> |  |                  |

## 5. Cas des baies horizontales

Les baies horizontales sont des parois transparentes ou translucides dont l'angle par rapport au plan horizontal, vu de l'intérieur, a une valeur inférieure à 60 degrés.

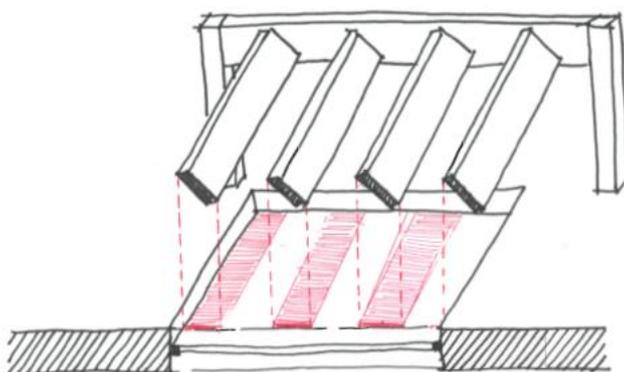
Pour ce qui concerne les éléments architecturaux permettant la protection solaire des baies horizontales, le  $C_m$  ne peut pas être calculé grâce aux formules de calcul utilisées par l'appliquatif CEREMA.

### A. CALCUL DU COEFFICIENT DE MASQUE POUR LES PROTECTIONS SOLAIRES HORIZONTALES

Le  $C_m$  pour une protection solaire horizontale sera calculé selon la formule suivante :

$$C_{m_{\text{baies horizontales}}} = (1 - \text{taux}_{\text{perçement}})$$

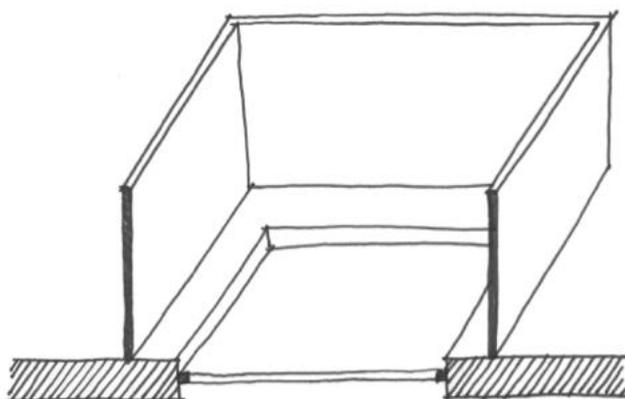
Le taux de percement de la protection solaire correspond à la surface non protégée de la baie considérée lorsque la protection est projetée sur celle-ci.



### B. CALCUL DU COEFFICIENT DE MASQUE POUR LES PROTECTIONS SOLAIRES VERTICALES

Dans le cas où la baie horizontale est protégée par un écran vertical, continu ou non, il est nécessaire d'avoir recours à une étude spécifique via un outil de simulation informatique de type Simulation Thermique Dynamique (STD) ou Simulation Énergétique Dynamique (SED).

**Exemple de protection solaire verticale :**



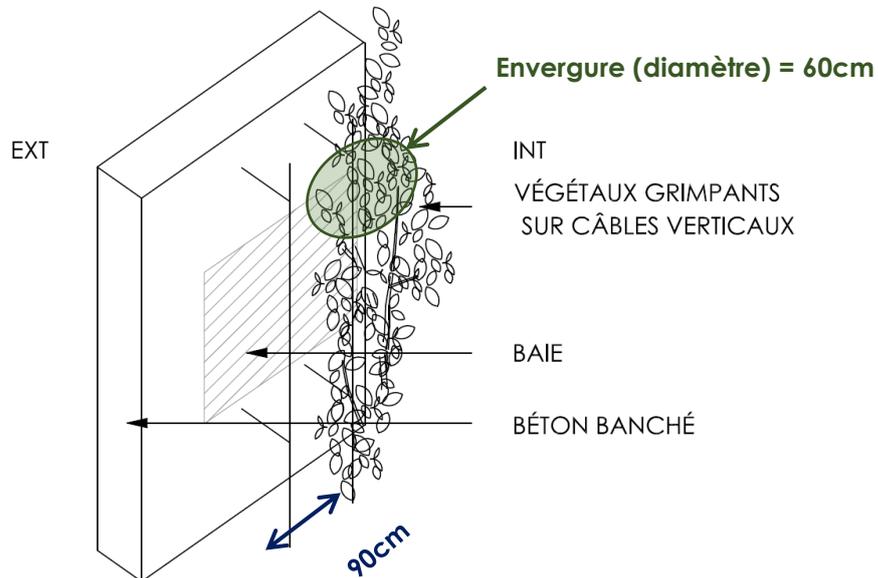
## 6. Cas des masques végétaux

Il est possible de protéger les baies des apports solaires par des végétaux. Cela concerne les éléments architecturaux rapportés à la façade et jouant le rôle de masque solaire.

Cette protection est prise en compte dès lors qu'une note justificative démontre que la structure du masque sur laquelle la végétation est implantée permet effectivement un recouvrement de la végétation sur la surface totale du masque considéré. Cette note permettra de montrer notamment que la structure sur laquelle les végétaux sont accrochés est suffisamment resserrée au regard du volume végétal attendu.

### Exemple :

Une protection végétale est constituée de câbles verticaux sur lesquels poussent des plantes grimpantes. Une note justificative de l'architecte ou du bureau d'études paysagiste montre l'essence de la plante sélectionnée permettra d'atteindre une envergure d'environ 60cm autour de chaque câble. Les câbles sont positionnés tous les 90cm ce qui permet d'assurer un recouvrement de l'ensemble de la surface verticale à protéger.

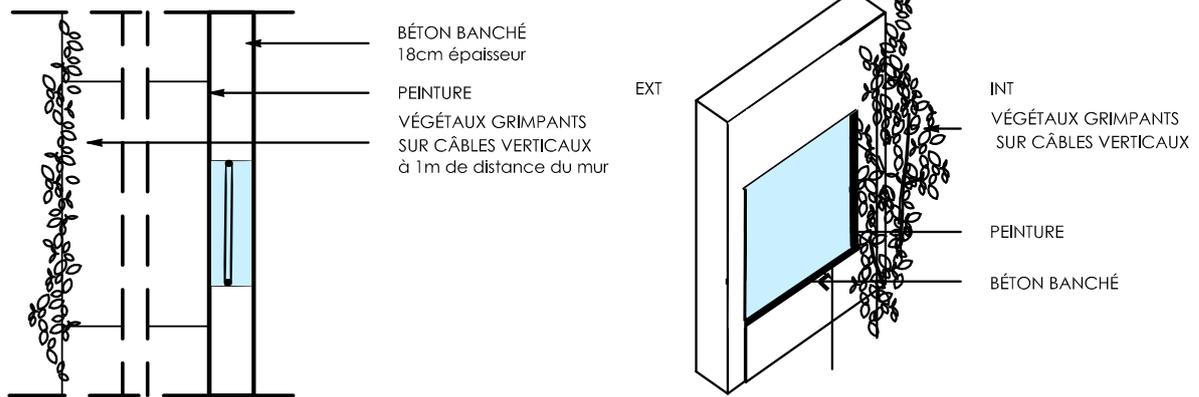


- Pour le calcul du Cm, la végétalisation est considérée comme un écran dont le taux de percement est de 50% :
  - o Le taux de percement est renseigné dans l'outil CEREMA pour le calcul du Cm.
  - o Si la végétation ne recouvre pas l'ensemble du masque architectural, alors le taux de percement affecté au masque intègre la partie non recouverte par la végétation :

$$\text{Taux percement corrigé} = \frac{\text{Surface végétation} \times 50\% + \text{Surface vide}}{\text{Surface masque}}$$

- o La teinte est considérée par défaut comme moyenne soit alpha = 0,6
- La végétation doit être plantée dans des conditions favorables pour assurer sa pérennité dans le temps, soit, au choix :
  - o Les végétaux sont plantés dans un volume total de terre supérieur à 1m<sup>3</sup> par sujet planté
  - o Les végétaux sont plantés en « pleine terre »
  - o Un système d'arrosage automatique est installé
- Lors de la visite de conformité, la protection solaire végétale doit être efficace.

## Exemple : Écran végétalisé par des câbles verticaux



L'écran végétal est installé sur toute la surface d'une façade dans laquelle sont incluses des baies.

Les câbles verticaux sont installés tous les 60 cm le long de la façade, à 1 mètre de distance, et l'essence végétale est prévue pour avoir une envergure de 50 cm autour de chaque câble ce qui assure un recouvrement suffisant entre chaque câble et donc le fait d'avoir une couverture totale de la façade.

La baie mesure 2,2 m x 1,2 m de hauteur. Celle-ci étant incluse dans une façade totalement recouverte par l'écran végétal, il est indiqué dans l'outil un écran dépassant de 2 de chaque côté, en haut et en bas de la baie considérée.

La façade est orientée SUD-OUEST.

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

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>Orientation de la baie</b> |           |
| Secteur d'Orientation         | SUD-OUEST |
| OU Orientation précise (° N)  |           |
| <b>Dimensions de la baie</b>  |           |
| Largeur en m                  | 2,20      |
| Hauteur en m                  | 1,20      |
| Surface en m² (calcul)        | 2,64      |

|  |      |
|--|------|
| <b>Données sur débord ou casquette</b> |      |
| Profondeur en m                        | 0,00 |

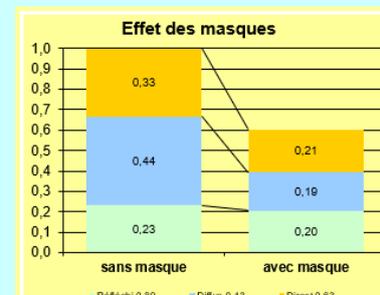
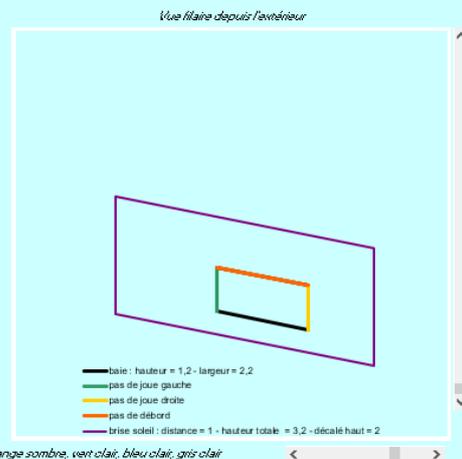
|                                |      |
|--------------------------------|------|
| <b>Données sur joue gauche</b> |      |
| Profondeur en m                | 0,00 |

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| <b>Données sur joue droite</b> |      |
| Profondeur en m                | 0,00 |

|   |         |                |
|---|---------|----------------|
| <b>Données sur brise soleil de face</b>                     |         | masque continu |
| Dimension verticale du brise soleil en face de la baie en m | 3,20    |                |
| Distance à la baie en m                                     | 1,00    |                |
| Teinte du brise soleil                                      | Moyenne |                |
| Taux de percement du brise soleil                           | 50%     |                |

Rouge sombre, orange sombre, vert clair, bleu clair, gris clair  
 0% si quelque non pensé

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| <b>Décalés et prolongations</b> |      |
| _ vers le haut en m             | 2,00 |
| _ vers la gauche en m           | 2,00 |
| _ vers la droite en m           | 2,00 |



Résultat : Cm = 0,60

donnée relative à l'effet des masques bristaine et chaîne : 0%

## **7. Recommandations**

### **A. CHOIX DU TYPE DE PROTECTION SOLAIRE EN FONCTION DE L'ORIENTATION**

Pour les orientations Nord et Sud, une protection solaire horizontale sera plus efficace qu'une protection verticale. En effet, ce type de protection laissera d'avantage traverser la lumière naturelle tout en bloquant les rayons solaires directs, les plus calorifiques.

Pour les orientations Est et Ouest, une protection solaire verticale, de type écran de face ou joue latérale, sera plus efficace qu'une protection solaire horizontale.

Les orientations intermédiaires (Sud-Est, Nord-Ouest, etc.) seront plus difficiles à protéger par des protections orthogonales seules (verticale ou horizontale).

De manière générale, les orientations franches au Nord et au Sud seront les plus aisées à protéger.

### **B. CHOIX DU TYPE DE FENETRE**

Les vitrages clairs doivent être privilégiés car ils favorisent l'accès à la lumière naturelle et sont plus économiques à l'investissement et en entretien/renouvellement.

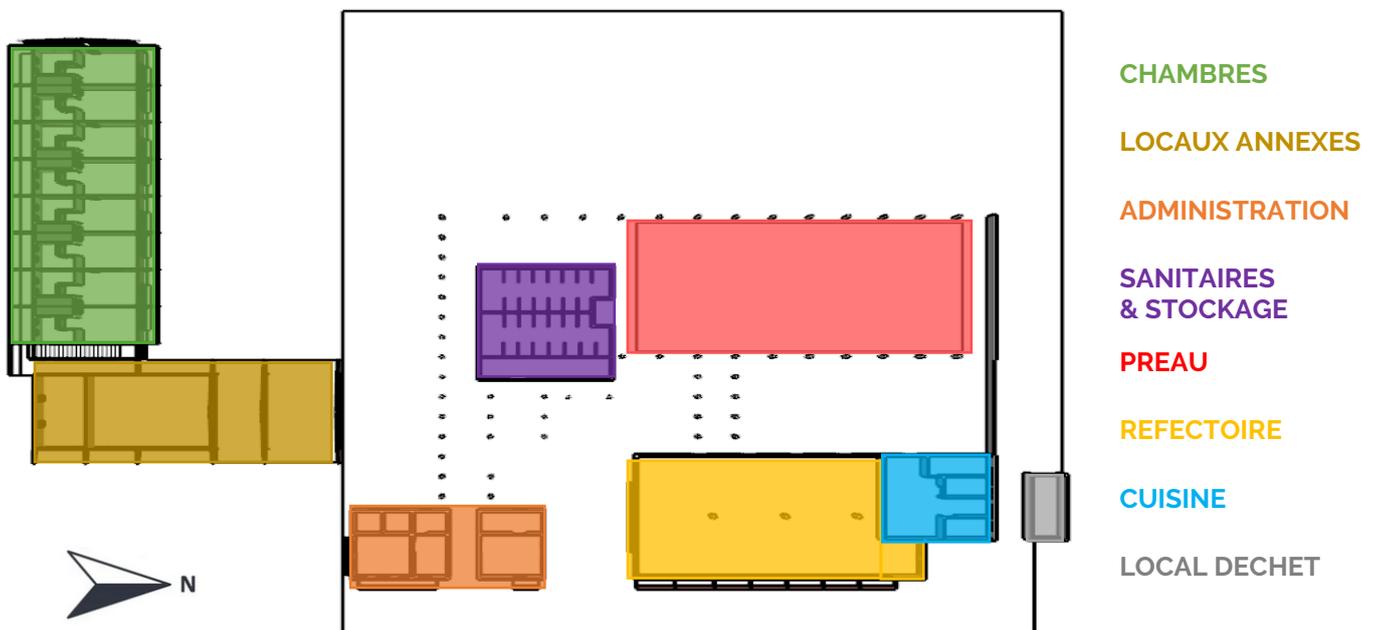
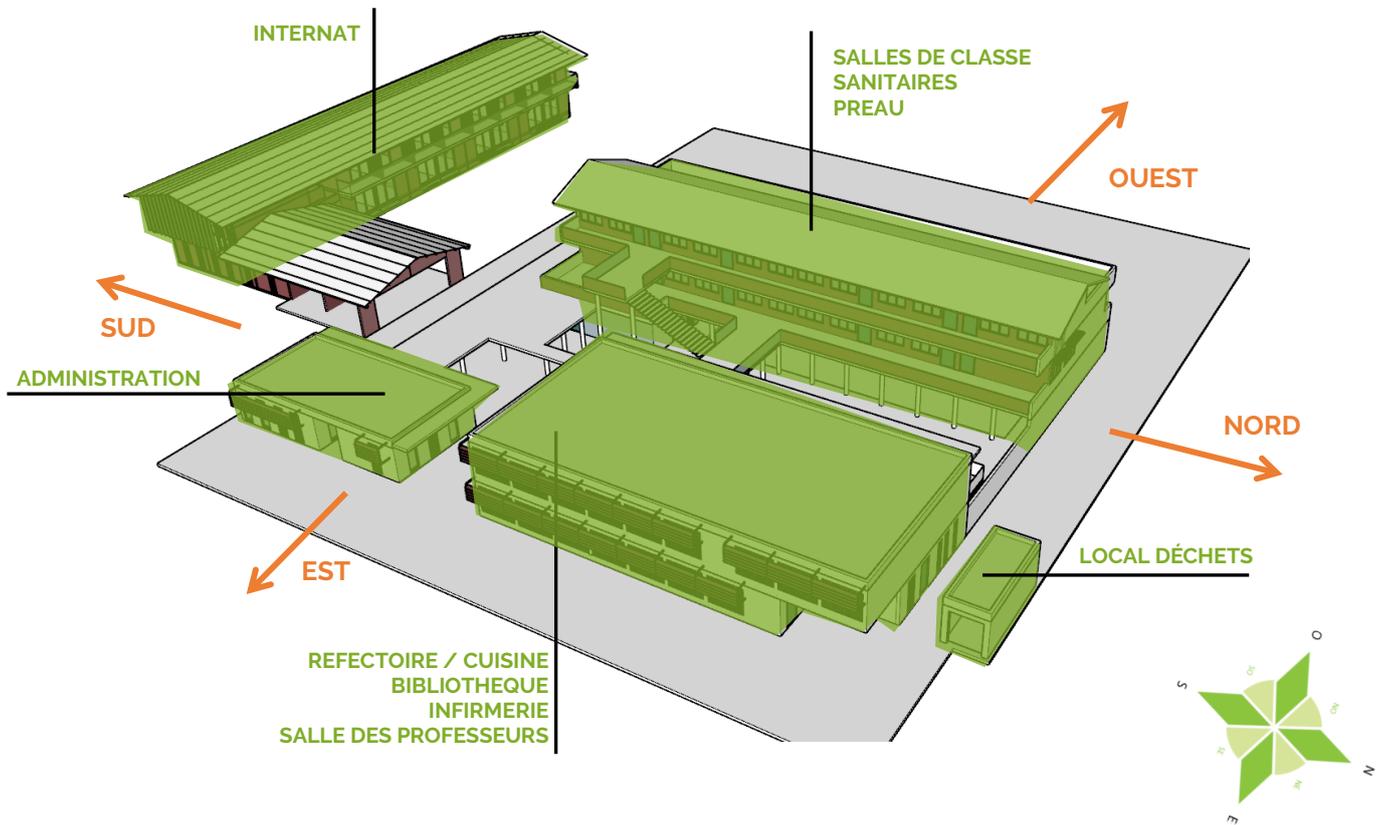
Les fenêtres sur allège et, de manière générale, les fenêtres de faible hauteur nécessitent une surface de protection solaire horizontale ou verticale plus faible donc plus économique par rapport aux fenêtres dites « toute hauteur ».

## VII. ÉTUDE DE CAS

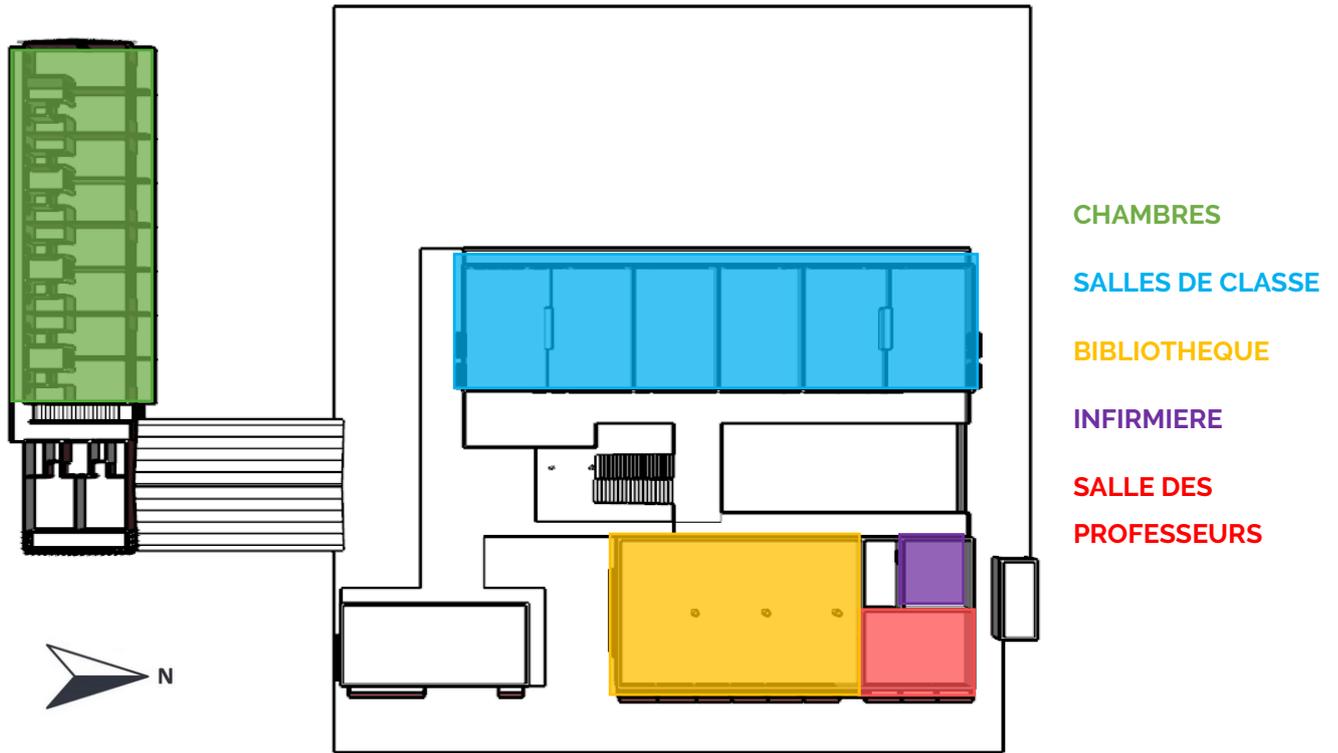
### 1. Exemple d'un bâtiment d'enseignement

#### A. PRESENTATION DU PROJET

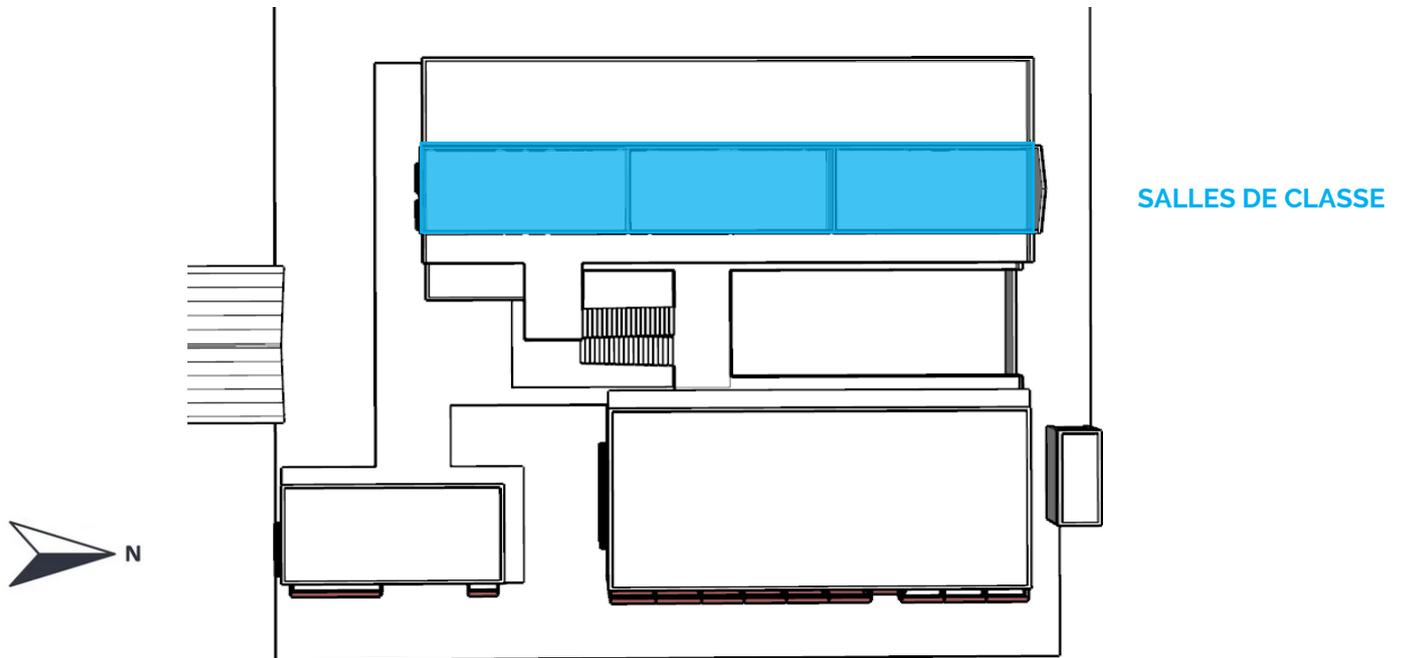
Le projet consiste en la construction d'une école de 9 salles de classe et d'un internat de 18 chambres. Il est situé à Tahiti, à une altitude inférieure à 500 m. Il n'y a pas de construction mitoyenne au projet.



Plan RDC



Plan R+1



Plan R+2 – Salles de classe

On distingue 5 bâtiments :

- Bâtiment 1 : Administration
- Bâtiment 2 : Réfectoire, cuisine, bibliothèque, infirmerie, salle des professeurs
- Bâtiment 3 : Salles de classe, sanitaires, stockage, préau

- Bâtiment 4 : Local à déchets
- Bâtiment 5 : Internat

| Bâtiment | Activités / Destination | Niveau    | Description   |
|----------|-------------------------|-----------|---|
| 1        | Bureaux administratifs  | RDC       | Bureaux, sanitaires du personnel, local de stockage climatisé |
| 2        | Cuisine                 | RDC       | Cuisine   |
|          | Réfectoire              | RDC       | Réfectoire pour écoliers et personnel                         |
|          | Bibliothèque            | R+1       | Lieu commun pour activités diverses d'étude et de lecture     |
|          | Infirmierie             | R+1       | Salle d'examen  |
|          | Salle des professeurs   | R+1       | Salle de travail  |
| 3        | Préau                   | RDC       | Espace couvert d'activité sportive                            |
|          | Sanitaires              | RDC       | Sanitaires pour écoliers                                      |
|          | Stockage                | RDC       | Stockage entretien  |
|          | Salles de classe        | R+1 & R+2 | Salles d'enseignement   |
| 4        | Local à déchets         | RDC       | Stockage  |
| 5        | Salles d'activités      | RDC       | Salle de détente et cuisine commune                           |
|          | Buanderie               | RDC       | Espace pour permettre aux occupants de laver leur linge       |
|          | Chambres                | RDC & R+1 | Hébergement des élèves  |

## B. APPLICATION DE LA REGLEMENTATION

Les seuils de facteur solaire maximum ( $FS_{max}$ ) sont déterminés en fonction de la typologie et du taux de surface de baie par façade.

Comme vu dans la fiche d'application n°1 traitant du périmètre d'application, seul le bâtiment 4 n'est pas soumis à la REBPF. Le bâtiment 1 est associé à la typologie « Bureaux », les bâtiments 2 et 3 à la typologie « Enseignement » et le bâtiment 4 à la typologie « Logement collectif ».

Le taux de surface de baie doit être calculé au préalable. Pour les projets où il paraît évident que le taux de surface de baie est inférieur à 70%, un calcul exemple sur la façade la plus défavorable peut être réalisé afin de le généraliser à tout le projet. Dans notre exemple, la façade la plus vitrée est la façade Ouest du bâtiment 2 dont le taux de vitrage s'élève à 52%, soit un taux inférieur au seuil de 70%.



$$\text{Surface de façade} = 130 \text{ m}^2 / \text{Surface de baies} = 67 \text{ m}^2$$

Ainsi, et après analyse des plans, les espaces du projet soumis aux obligations relatives à la protection solaire et les seuils réglementaires à atteindre sont les suivants :

| Bât. | Activités / Destination  | Typologie    | Seuils réglementaires : $FS_{max}$ |                    |                    |                    |
|------|--|--------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|      |  |              | Nord                               | Ouest              | Est                | Sud                |
| 1    | Bureaux administratifs (Direction, secrétariat et local gardien) | Bureaux      | 50%                                | 50%                | 50%                | 70%                |
|      | Stockage climatisé   | Bureaux      | <i>Pas de baie</i>                 | 50%                | <i>Pas de baie</i> | <i>Pas de baie</i> |
| 2    | Cuisine  | Enseignement | 50%                                | <i>Pas de baie</i> | <i>Pas de baie</i> | <i>Pas de baie</i> |
|      | Réfectoire   | Enseignement | <i>Pas de baie</i>                 | 50%                | 50%                | 70%                |
|      | Bibliothèque   | Enseignement | <i>Pas de baie</i>                 | 50%                | 50%                | 70%                |
|      | Salle des professeurs  | Enseignement | <i>Pas de baie</i>                 | <i>Pas de baie</i> | 50%                | <i>Pas de baie</i> |
|      | Infirmierie  | Enseignement | <i>Pas de baie</i>                 | 50%                | <i>Pas de baie</i> | <i>Pas de baie</i> |
| 3    | Salles de classe   | Enseignement | 45%                                | 45%                | 45%                | 65%                |

|   |                    |                    |                    |     |     |                    |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|-----|-----|--------------------|
| 5 | Salles d'activités | Logement collectif | <i>Pas de baie</i> | 50% | 50% | <i>Pas de baie</i> |
|   | Chambres           | Logement collectif | 50%                | 50% | 50% | 70%                |

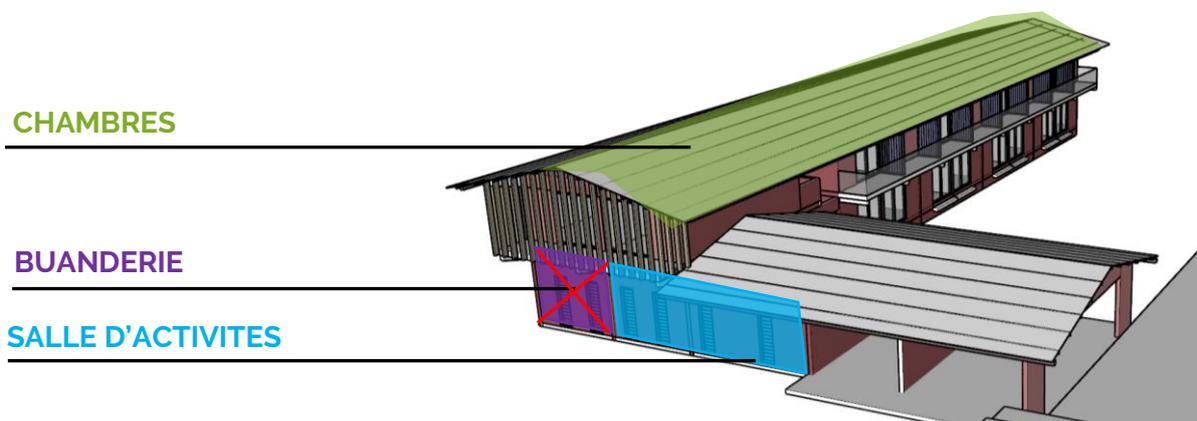
Pour rappel :

- Les sanitaires du bâtiment 1 et 3, le local de stockage non climatisé du bâtiment 3 et la buanderie du bâtiment 5 étant des locaux non occupés et non climatisés et n'étant pas directement en contact avec des locaux soumis aux dispositions (leur accès est extérieur), ils ne sont pas concernés par cette thématique ;
- Le préau, le local vélo et le hall d'entrée étant ouvert, ils ne sont pas non plus soumis à cette thématique.

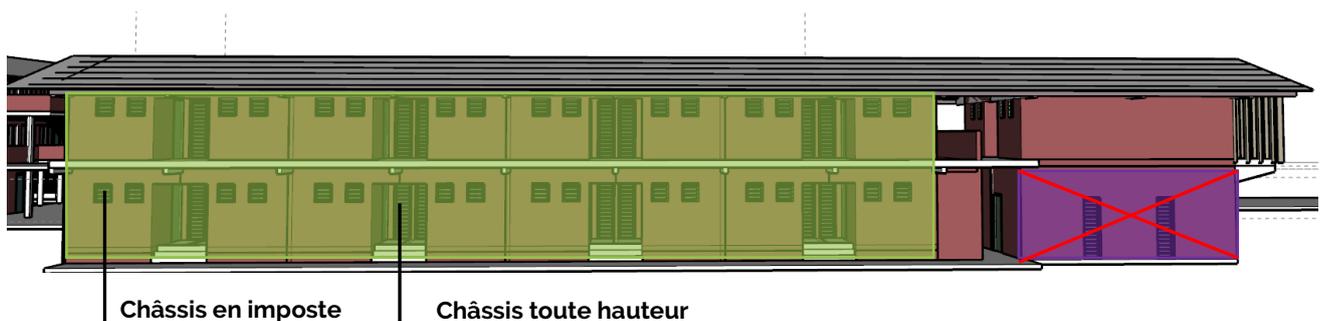
### C. METHODOLOGIE GENERALE

L'évaluation de la conformité réglementaire consiste en premier lieu à identifier les différentes configurations de baies et leur protection solaire par façade. En effet, certaines configurations sont redondantes ou triviales (conformes au guide des solutions techniques par exemple) permettant d'optimiser le nombre de calculs à réaliser sur le projet.

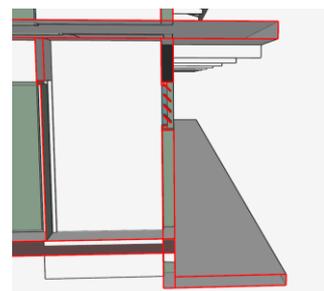
**Bâtiment 5 - Internat :**



**FAÇADE SUD**

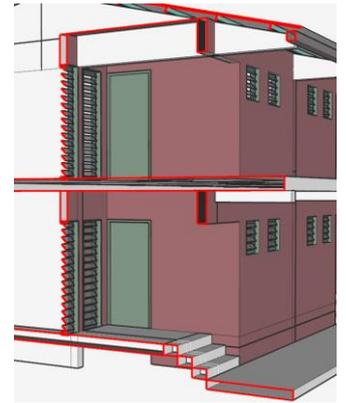


Chambres :

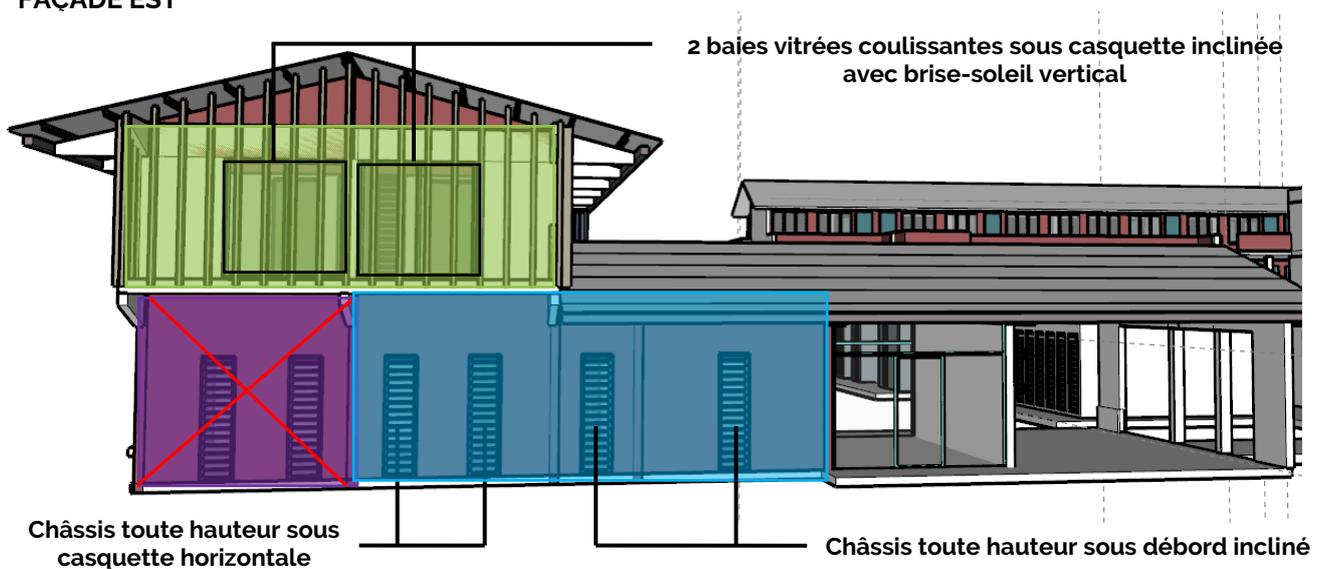


Les châssis à jalousies en lames vitrées en imposte donnant sur la salle de bain et le sanitaire (espaces considérés comme non occupés) ont une surface de  $0,4 \text{ m}^2$  ( $< 0,5 \text{ m}^2$ ). Ils ne sont donc pas soumis au seuil de facteur solaire.

Les châssis à jalousies en lames vitrées toute hauteur, donnant sur le séjour, comportent une casquette et des joues latérales (correspondant aux murs avec les portes d'entrée). Ils présentent une configuration redondante qu'il suffit de calculer une seule fois.



## FAÇADE EST



### Chambres :

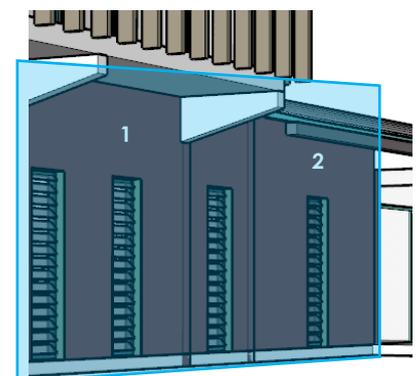
Les deux baies vitrées coulissantes doivent être calculées car leur position par rapport à la protection solaire est différente et les résultats ne pourraient pas être identiques. Une autre option peut être de calculer les deux baies comme une seule baie.

### Locaux d'activité :

Deux configurations sont identifiées :

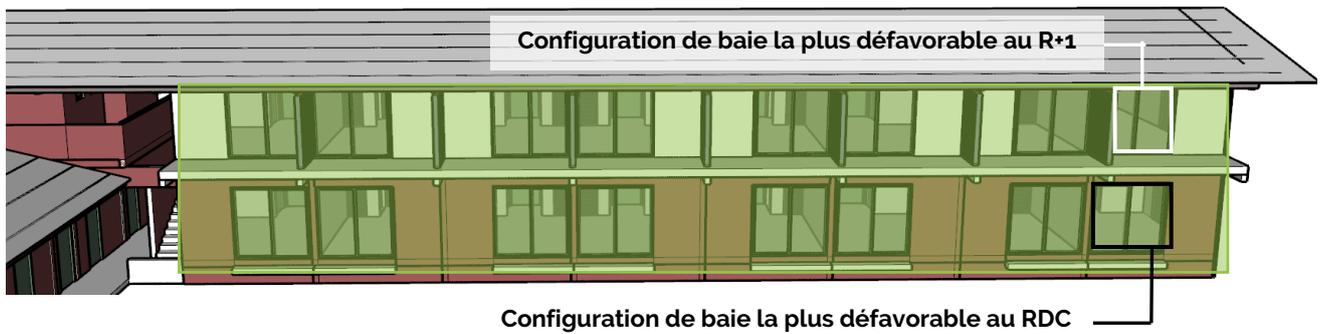
- Les châssis à jalousies en lames de verre toute hauteur sous casquette horizontale droite (1)
- Les châssis à jalousies en lames de verre toute hauteur sous débord de toiture incliné (2)

Le calcul ne porte que sur un seul châssis pour chaque configuration.



*Remarque : il y a deux châssis dans chaque configuration : on calcule le facteur solaire avec le châssis qui présente la position la plus défavorable dans chaque configuration.*

## FAÇADE NORD

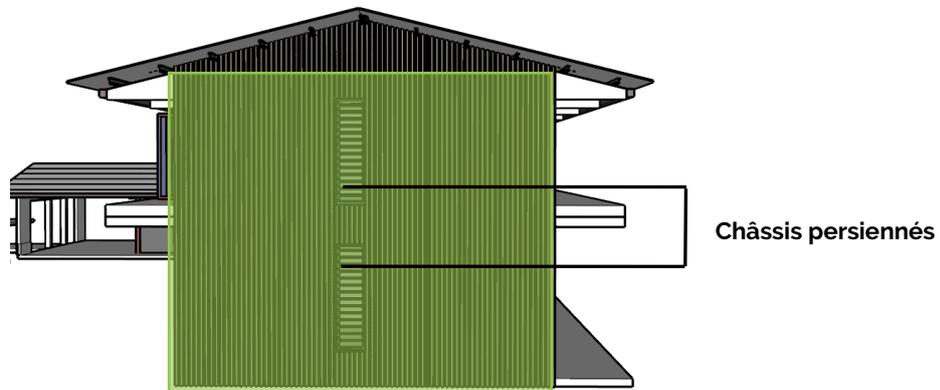


Chambres :

Les baies ont toutes la même dimension. On identifie deux types de protections : un débord incliné au R+1 et une casquette horizontale droite au RDC.

Une configuration à chaque étage est plus défavorable que les autres car elle bénéficie d'une casquette plus courte que les autres sur l'un de ses flancs : c'est celle-ci qu'il faut calculer pour valider la conformité de toutes les autres baies de l'étage.

**FAÇADE OUEST**

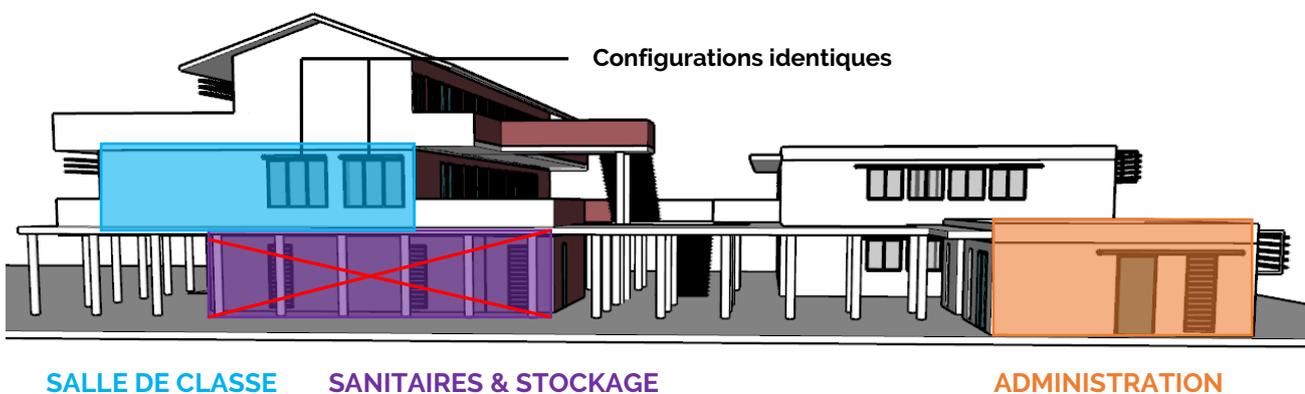


Chambres :

Une seule configuration est identifiée : châssis persiennés à lames en bois.

**Bâtiments 1, 2 et 3 :**

**FAÇADES SUD (bâtiments 1 et 3)**



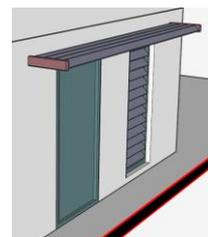
SALLE DE CLASSE

SANITAIRES & STOCKAGE

ADMINISTRATION

Administration :

Seule une fenêtre à jalousies avec casquette horizontale ajourée est présente.



Salle de classe :

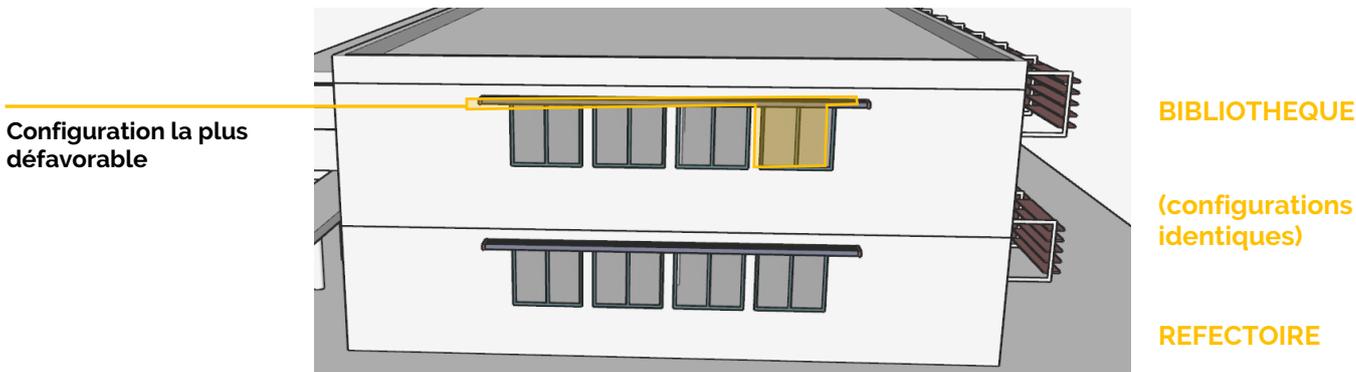
Présence de deux fenêtres coulissantes avec casquette horizontale ajourée. Les deux baies étant identiques, le calcul ne porte que sur l'une d'elles.

Sanitaires & Stockage RDC : non concerné

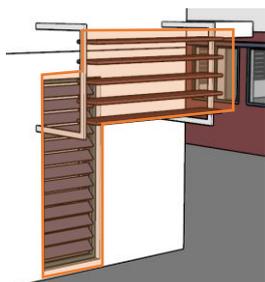
**FAÇADES SUD (bâtiment 2)**

Réfectoire et Bibliothèque :

Les baies sont des fenêtres coulissantes avec une casquette horizontale ajourée. Une seule configuration, la plus défavorable, peut être calculée : il s'agit de la fenêtre côté Est si l'on ne considère pas de masque solaire créé par les autres bâtiments.



**FAÇADES EST (bâtiments 1 et 2)**



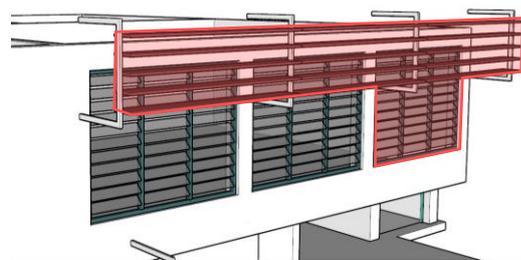
Bâtiment 1 - bureaux d'administration :

Présence de deux configurations :

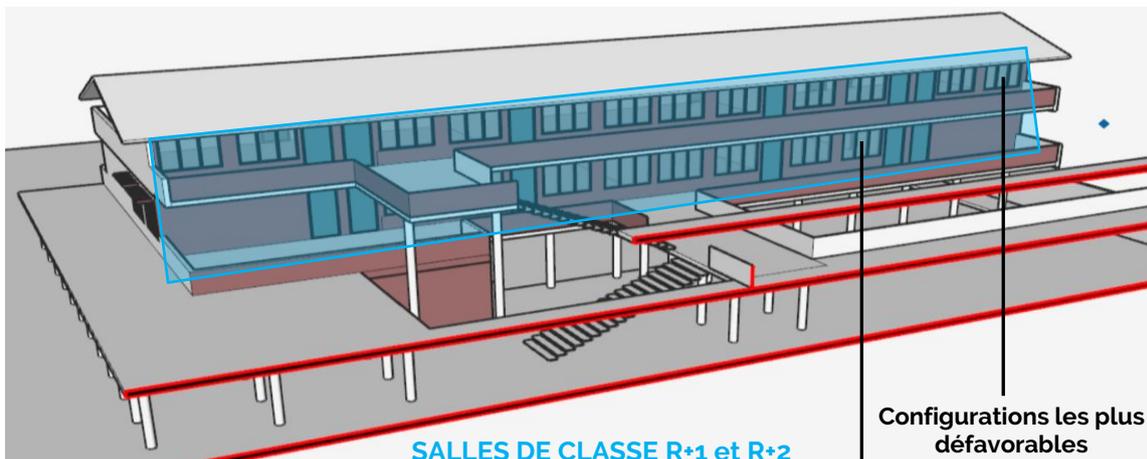
- Plusieurs châssis fixes à jalousie en lames vitrées avec brise-soleil à lames horizontales. La dimension de chaque fenêtre et les dimensions des brise-soleils sont identiques. La configuration la plus défavorable est celle située la plus au Nord car elle offre le moins de protection lorsqu'on considère la course du soleil. C'est sur celle-ci que porte le calcul.
- Deux châssis fixes vitrés avec brise-soleil à lames horizontales. La configuration la moins favorable est celle située au Sud.

Bâtiment n°2 (bibliothèque, réfectoire, salles des professeurs) :

L'ensemble de la façade présente des châssis fixes à jalousies en lames vitrées avec brise-soleil à lames horizontales dont les dimensions sont identiques. Le calcul porte sur la configuration la plus défavorable. Pour ce cas-là, qu'il s'agisse de la baie au Nord ou au Sud, la protection est relativement similaire.



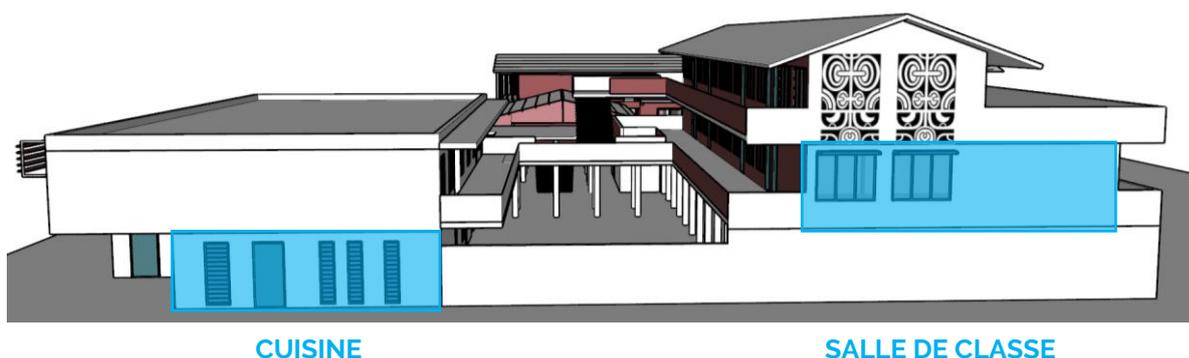
### FAÇADES EST INTERIEURE (bâtiment 3)



Salles de classe :

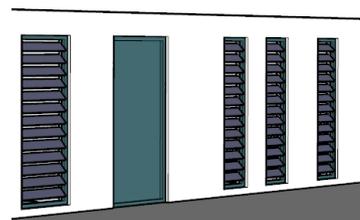
- Au R+1 : Les baies sont des fenêtres coulissantes vitrées avec une casquette horizontale droite. Le débord est filant, mais les configurations sont différentes car la coursive du R+2 qui joint l'escalier crée une protection supplémentaire. La configuration la plus défavorable est celle avec la casquette la plus étroite, située au plus loin de la coursive.
- Au R+2 : Fenêtre coulissante vitrée avec débord incliné : la configuration la plus défavorable, représentative de l'ensemble des configurations de l'étage se trouve côté Nord.

### FAÇADES NORD EXTERIEURE (bâtiments 2 et 3)



Cuisine (au RDC) :

Les baies sont des châssis persiennés à lames opaques. On note deux types de châssis de largeur différente donc il y a deux configurations à calculer<sup>3</sup>. Le calcul du taux de percement est à réaliser puis à intégrer à l'outil Cm. Le local déchet constitue un masque proche.



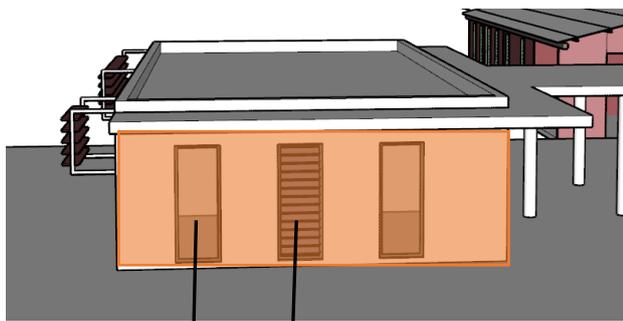
<sup>3</sup> Pour ce cas de figure, si les taux de percement et les teintes des lames des deux châssis sont identiques, il est possible de ne réaliser qu'un seul calcul.



Salle de classe (au R+1) :

On note la présence de deux fenêtres coulissantes avec une casquette horizontale ajourée. Les deux configurations étant identiques, seule l'une d'elles fait l'objet d'un calcul.

**FAÇADES NORD ADMINISTRATION (bâtiment 1)**



Châssis fixe à jalousies en lames opaques

Configurations la plus défavorable des deux châssis fixes vitrés



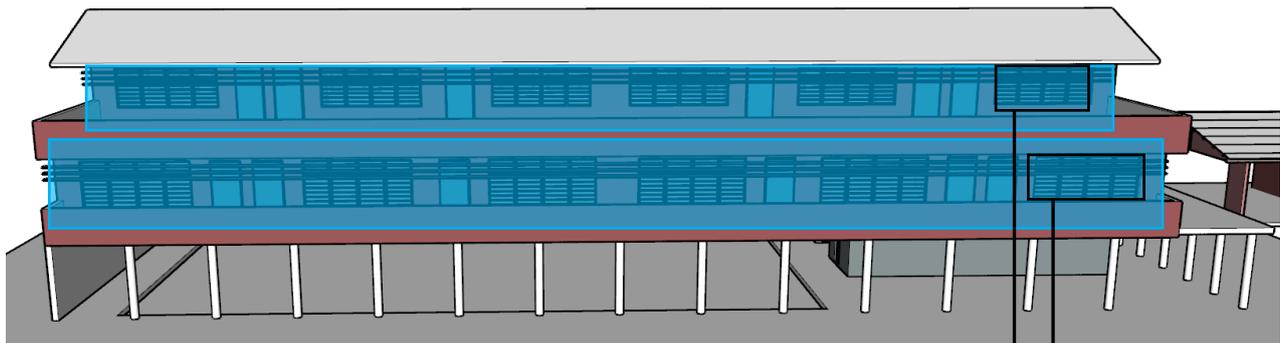
Une seule configuration à l'intérieur

Administration :

On note trois configurations différentes à calculer :

- Des châssis fixes vitrés avec une casquette horizontale. La configuration la plus défavorable, à calculer, se trouve côté Est car sa casquette est plus petite sur ce flanc ;
- Un châssis fixe à jalousies en lames opaques avec une casquette horizontale ;
- A l'intérieur, un châssis fixe vitré avec une casquette horizontale et masque solaire de face.

**FAÇADES OUEST EXTERIEURE (bâtiment 3)**

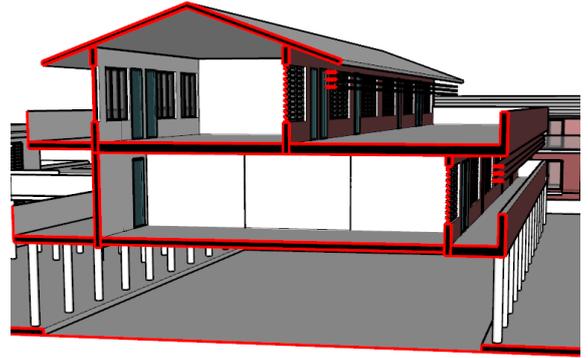


SALLES DE CLASSE R+1 et R+2

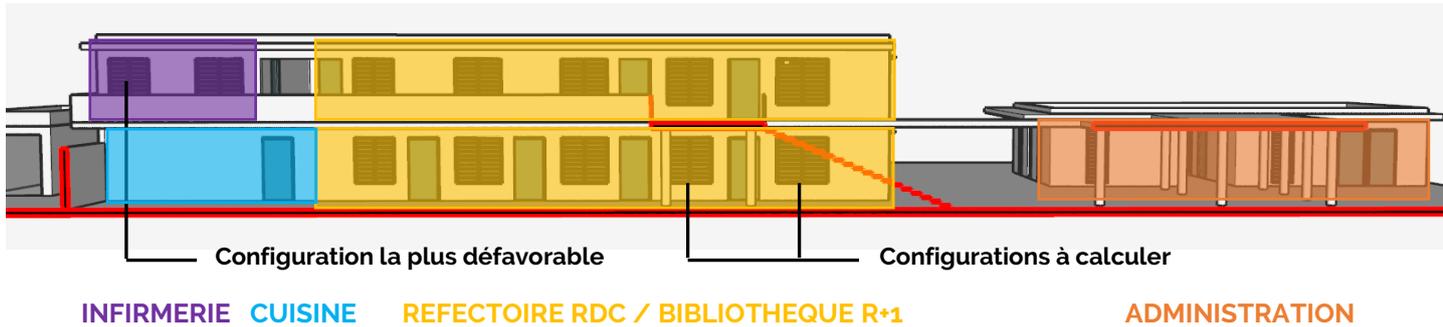
Configurations les plus défavorables

### Salles de classe :

- Au R+1 : les baies sont des châssis à jalousies en lames vitrées avec une casquette horizontale et un brise-soleil : la configuration la plus défavorable, représentative pour toutes les configurations de l'étage, est située au Sud.
- Au R+2 : les baies sont des châssis à jalousies en lames vitrées avec un débord incliné et un brise-soleil : la configuration la plus défavorable est celle située au Sud.

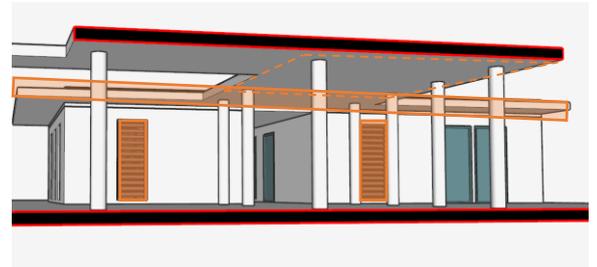


### **FAÇADES OUEST INTERIEURE (bâtiments 1 et 2)**



### Administration :

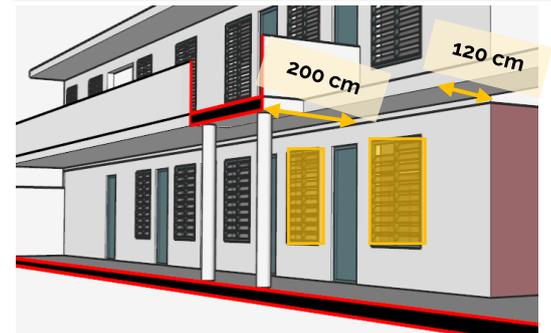
On identifie des châssis à jalousies en lames vitrées avec une casquette horizontale. Si leur casquette est insuffisante, il est possible de faire le calcul en prenant en compte la couverture de la coursive qui offre une protection solaire additionnelle.



### Réfectoire :

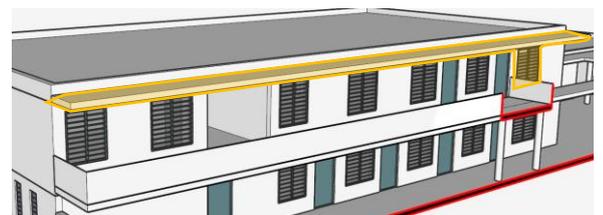
- On identifie deux configurations pour le réfectoire :
- Des châssis à jalousies en lames vitrées avec casquette horizontale 120 cm
  - Des châssis à jalousies en lames vitrées avec casquette horizontale 200 cm.

Les fenêtres ont toutes une configuration similaire avec un débord qui dépasse très largement sur les côtés. Le calcul porte d'abord sur la baie ayant la plus petite protection solaire. Si celle-ci est conforme, il en est alors de même pour les autres.



### Bibliothèque :

Les baies sont des châssis à jalousies en lames vitrées avec une casquette horizontale 120 cm. La configuration la plus défavorable se trouve côté Sud.



### Infirmierie :



Les baies sont des châssis à jalousies en lames vitrées avec une casquette horizontale 120 cm. La configuration la plus défavorable se trouve côté Nord.

A noter : il aurait été possible de ne calculer que la baie de l'infirmierie et d'appliquer son résultat à la bibliothèque.

**L'ensemble des configurations à calculer a été ainsi listé.**

#### D. CALCULS DETAILLES

Ci-après une série d'exemples de configurations dont les résultats sont calculés de manière détaillée.

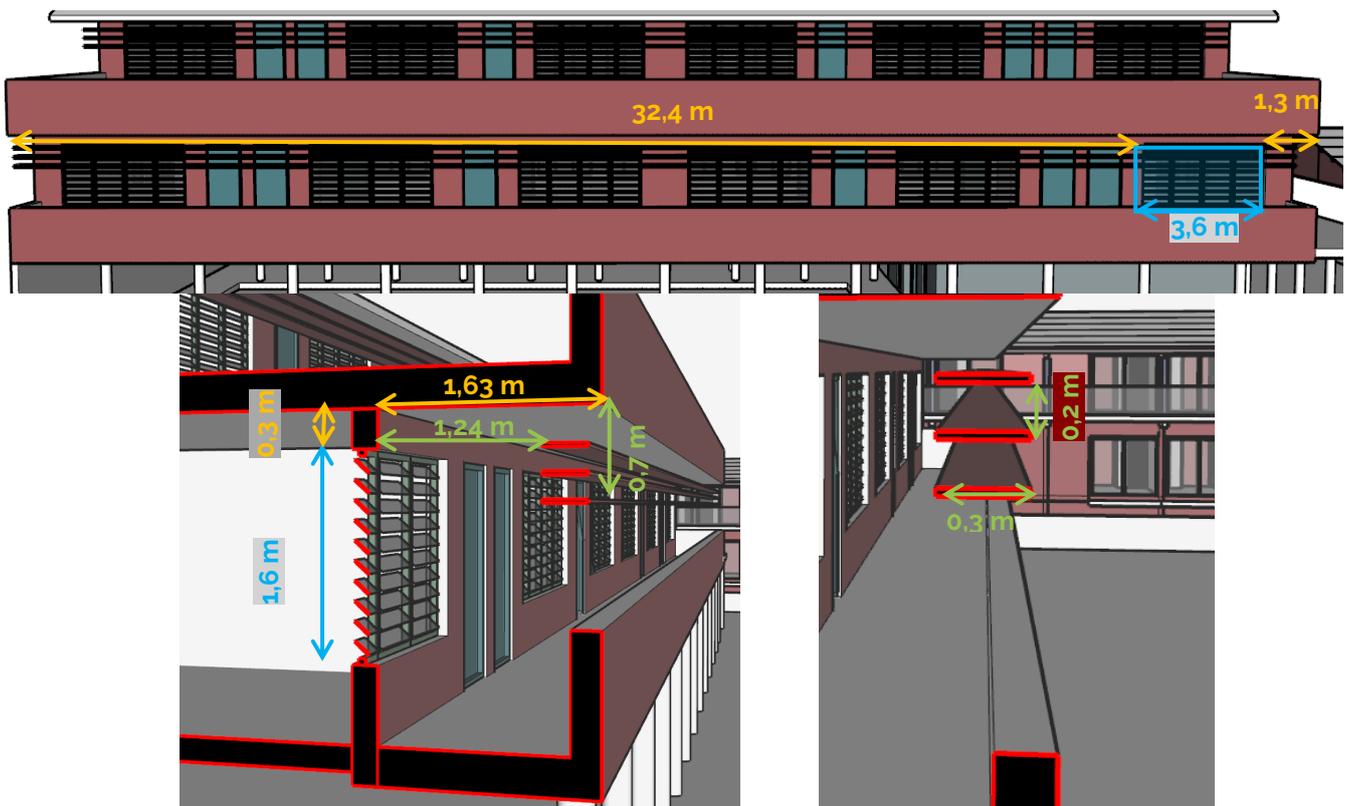
##### Fenêtre sur allège avec protection horizontale infinie et brise-soleil

Il s'agit de la configuration de **salle de classe au R+1, orientée à l'Ouest**. Comme présenté dans la méthodologie, la configuration la plus défavorable est calculée pour caractériser l'ensemble des baies de l'étage.

La fenêtre à jalousie présente un **vitrage clair**.

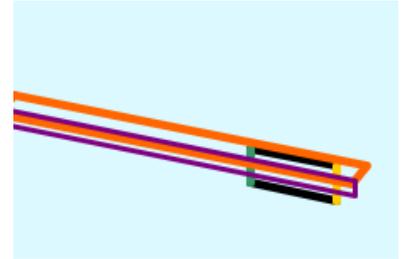
La couleur du brise soleil est rouge soit une teinte moyenne. Les lames de brise soleil sont horizontales et ont une épaisseur de 3 cm. La distance entre axes des lames est de 20 cm.

Les dimensions de la configuration sont indiquées ci-dessous :



Modélisation et calcul sur l'outil :

|  |       |
|--|-------|
| <b>Orientation de la baie</b>          |       |
| Secteur d'Orientation                  | OUEST |
| OU Orientation précise (° N)           |       |
| <b>Dimensions de la baie</b>           |       |
| Largeur en m                           | 3,60  |
| Hauteur en m                           | 1,60  |
| Surface en m² (calcul)                 | 5,76  |
| <b>Données sur débord ou casquette</b> |       |
| Profondeur en m                        | 1,63  |
| Taux de percement en %                 | 0%    |



|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| <b>Données sur la protection verticale de face</b>          |  | <b>lames horizontales</b> |
| Dimension verticale du brise soleil en face de la baie en m |  | 0,70                      |
| Distance à la baie en m                                     |  | 1,24                      |
| Teinte du brise soleil                                      |  | Moyenne                   |
| Taux de percement du brise soleil                           |  | 0%                        |
| <b>Si brise soleil à lames horizontales</b>                 |  |                           |
| Distance entre les lames en m (H)                           |  | 0,20                      |
| Inclinaison des lames en degré (α)                          |  | 0,00                      |
| Epaisseur hors tout du brise soleil en m (calcul)           |  | 0,30                      |
| Profondeur de la lame en m (A)                              |  | 0,30                      |
| Epaisseur des lames en m                                    |  | 0,03                      |
| <b>Décalage et prolongations</b>                            |  |                           |
| ... vers le haut en m                                       |  | 0,30                      |
| ... vers la gauche en m                                     |  | 32,40                     |
| ... vers la droite en m                                     |  | 1,30                      |

Résultat : Cm = 0,35

|  |                      |
|--|----------------------|
| Type de vitrage  | Simple vitrage clair |
| Ou autre = donnée fabricant Sv (%)                                 |                      |
| Type de protection rapportée                                       | Aucune               |
| Facteur solaire de la menuiserie (FS <sub>o</sub> ) (calcul)       | 0,75                 |
| ou de la protection rapportée (FS <sub>p</sub> ) (calcul)          |                      |
| Pourcentage de la surface de la menuiserie par rapport à la façade | ≥70%                 |
| ! sélectionner " ≥ 70 %" si le calcul p                            |                      |
| <b>Résultat : FS BAIE = 26,4%</b>                                  |                      |
| dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%      |                      |

S'agissant d'une salle de classe, il convient sélectionner, dans l'outil, un pourcentage de façade supérieur ou égale à 70% pour vérifier que le résultat est conforme aux seuils réglementaires.

Le facteur solaire de la baie est de 26,4%, soit bien en dessous du seuil maximal fixé. **La protection est conforme.**

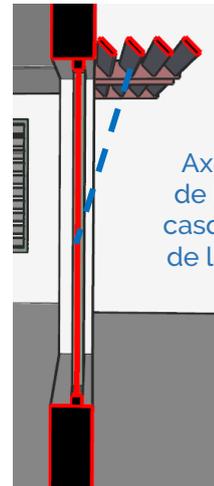
### Fenêtre sur allège avec protection horizontale finie

Il s'agit de la configuration de **salle de classe au R+1, orientée Nord**. Comme présenté dans la méthodologie, les deux configurations sur cette façade sont identiques.

La fenêtre coulissante est équipée d'un **vitrage clair**.

La casquette est située juste au-dessus de la fenêtre. Les lames de la casquette se recouvrent de telle sorte que les rayons solaires directs sont totalement bloqués. Le taux de percement de la casquette est donc de 0%. (cf. **fiche d'application sur l'outil Cm FS**).

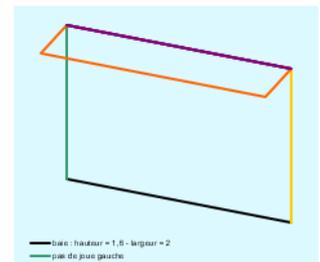
Les dimensions de la configuration sont indiquées ci-dessous :



Axe entre le milieu de la profondeur de casquette et le milieu de la hauteur fenêtre

Modélisation et calcul sur l'outil (attention, il s'agit d'une salle de classe):

| Orientation de la baie             |      |
|------------------------------------|------|
| Secteur d'Orientation              | NORD |
| OU Orientation précise (° N)       |      |
| Dimensions de la baie              |      |
| Largeur en m                       | 2,00 |
| Hauteur en m                       | 1,60 |
| Surface en m <sup>2</sup> (calcul) | 3,20 |
| Données sur débord ou casquette    |      |
| Profondeur en m                    | 0,55 |
| Taux de percement en %             | 0%   |



Résultat : Cm = 0,66

|  |                      |                               |
|--|----------------------|-------------------------------|
| Type de vitrage  | Simple vitrage clair |                               |
| OU autre = donnée fabricant Sv (%)   |                      |                               |
| Type de protection rapportée   | Aucune               |                               |
| Facteur solaire de la menuiserie (FS <sub>o</sub> ) (calcul) ou de la protection rapportée (FS <sub>p</sub> ) (calcul) | 0,75                 |                               |
| Pourcentage de la surface de la menuiserie par rapport à la façade   | ≥70%                 | !!! sélectionner " ≥ 70 %" si |
| <b>Résultat : FS BAIE = 49,2%</b>  |                      |                               |

S'agissant d'une salle de classe, il convient sélectionner, dans l'outil, un pourcentage de façade supérieur ou égale à 70% pour vérifier que le résultat est conforme aux seuils réglementaires.

Le facteur solaire de la baie est de 49,2%. **La protection solaire n'est pas suffisante pour atteindre le seuil fixé à 45 %.** Pour qu'elle soit conforme, il faudrait prolonger le brise-soleil de 20 cm soit 75 cm au total.

### Persienne non protégée

Il s'agit de la configuration **des chambres, orientées Ouest**. Deux méthodes sont possibles dans le calcul du facteur solaire de ces châssis persiennés à lames en bois :

1. La plus simple consiste à indiquer dans l'outil que le remplissage correspond à des lames opaques « toutes teintes sauf noires », sans renseigner d'informations particulières sur la protection solaire.
2. La modélisation de la persienne en tant que protection solaire de type brise-soleil à lame fixe adossée à une baie sans vitrage.

### Option n°1

|  |               |  |
|--|---------------|--|
| <b>Orientation de la baie</b>                      |               |  |
| Secteur d'Orientation                              | OUEST         |  |
| OU Orientation précise (° N)                       |               |  |
| <b>Dimensions de la baie</b>                       |               |  |
| Largeur en m                                       | 0,50          |  |
| Hauteur en m                                       | 1,80          |  |
| Surface en m <sup>2</sup> (calcul)                 | 0,90          |  |
| <b>Données sur débord ou casquette</b>             |               |  |
| Profondeur en m                                    | 0,00          |  |
| <b>Données sur joue gauche</b>                     |               |  |
| Profondeur en m                                    | 0,00          |  |
| <b>Données sur joue droite</b>                     |               |  |
| Profondeur en m                                    | 0,00          |  |
| <b>Données sur la protection verticale de face</b> |               |  |
|  | pas de masque |  |

---

**Résultat : Cm = 1,00**

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

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Type de vitrage</b>  |  | verres opaques (toutes teintes sauf noires)                       |
| OU autre = donnée fabricant Sv (%)  |  |   |
| <b>Type de protection rapportée</b>   |  | Aucune  |
| <b>Facteur solaire de la menuiserie (FS<sub>o</sub>) (calcul) ou de la protection rapportée (FS<sub>p</sub>) (calcul)</b> |  | 0,35  |
| <b>Pourcentage de la surface de la menuiserie par rapport à la façade</b>   |  | < 70% <input type="checkbox"/> <b>! sélectionner " ≥ 70 % " :</b> |

---

**Résultat : FS BAIE = 35,0%**

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

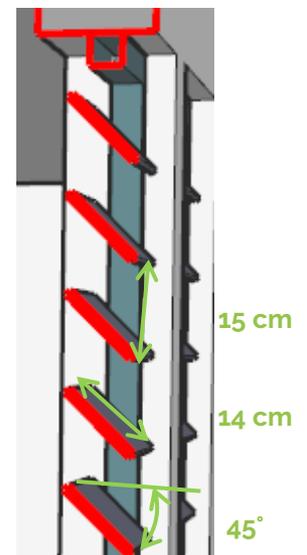
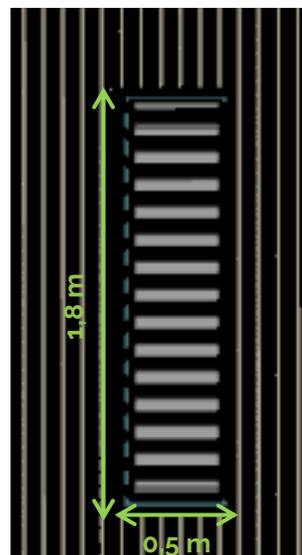
S'agissant d'une chambre, il convient sélectionner, dans l'outil, un pourcentage de façade inférieur à 70% pour vérifier que le résultat est conforme aux seuils réglementaires.

Tel que prévu par les textes, le FS<sub>o</sub> de cette configuration est fixée à 0,35. Avec un Cm à 1 (pas de protection solaire), le facteur solaire **est de 35%, soit inférieur à 50%, le seuil fixé.**

### Option n°2

On modélise le brise-soleil avec l'outil. L'épaisseur des lames de persienne est de 2 cm. Leur teinte est « bois » car le revêtement n'est pas peint. Les dimensions de la configuration sont indiquées ci-contre :

|  |       |  |
|--|-------|--|
| <b>Orientation de la baie</b>          |       |  |
| Secteur d'Orientation                  | OUEST |  |
| OU Orientation précise (° N)           |       |  |
| <b>Dimensions de la baie</b>           |       |  |
| Largeur en m                           | 0,50  |  |
| Hauteur en m                           | 1,80  |  |
| Surface en m <sup>2</sup> (calcul)     | 0,90  |  |
| <b>Données sur débord ou casquette</b> |       |  |
| Profondeur en m                        | 0,00  |  |
| <b>Données sur joue gauche</b>         |       |  |
| Profondeur en m                        | 0,00  |  |
| <b>Données sur joue droite</b>         |       |  |
| Profondeur en m                        | 0,00  |  |



| Données sur la protection verticale de face                 |  | lames horizontales |  |
|---|--|--------------------|--|
| Dimension verticale du brise soleil en face de la baie en m |  | 1,80               |  |
| Distance à la baie en m                                     |  | 0,00               |  |
| Teinte du brise soleil                                      |  | Bois               |  |
| Taux de percement du brise soleil                           |  | 0%                 |  |
| Si brise soleil à lames horizontales                        |  |                    |  |
| Distance entre les lames en m (H)                           |  | 0,15               |  |
| Inclinaison des lames en degré (α)                          |  | 45,00              |  |
| Epaisseur hors tout du brise soleil en m (calcul)           |  | 0,10               |  |
| Profondeur de la lame en m (A)                              |  | 0,14               |  |
| Epaisseur des lames en m                                    |  | 0,01               |  |
| Décalage et prolongations                                   |  |                    |  |
| _ vers le haut en m   |  | 0,00               |  |
| _ vers la gauche en m                                       |  | 0,00               |  |
| _ vers la droite en m                                       |  | 0,00               |  |

Résultat : Cm = 0,42

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

|   |        |               |
|---|--------|---------------|
| Type de vitrage   | Aucun  |               |
| Ou autre = donnée fabricant Sv (%)  |        |               |
| Type de protection rapportée  | Aucune |               |
| Facteur solaire de la menuiserie (FS <sub>o</sub> ) (calcul)<br>ou de la protection rapportée (FS <sub>p</sub> ) (calcul) | 1,00   |               |
| Pourcentage de la surface de la menuiserie par rapport à la façade  | <70%   | !!! sélection |
| Résultat : FS BAIE = 41,8%  |        |               |
| dont part due à l'effet des masques lointains et urbains : 0%   |        |               |

Le facteur solaire est de 42%, soit inférieur à 50%, le seuil fixé.

Cette méthode, plus précise en termes de calcul mais non nécessaire compte tenu de l'option n°1, permet de s'assurer que le seuil est atteint.

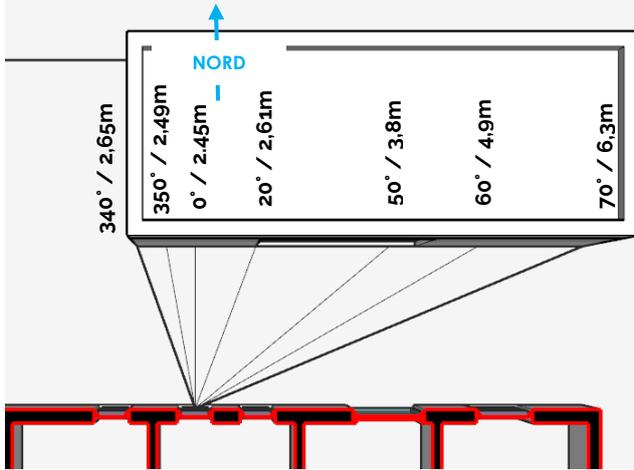
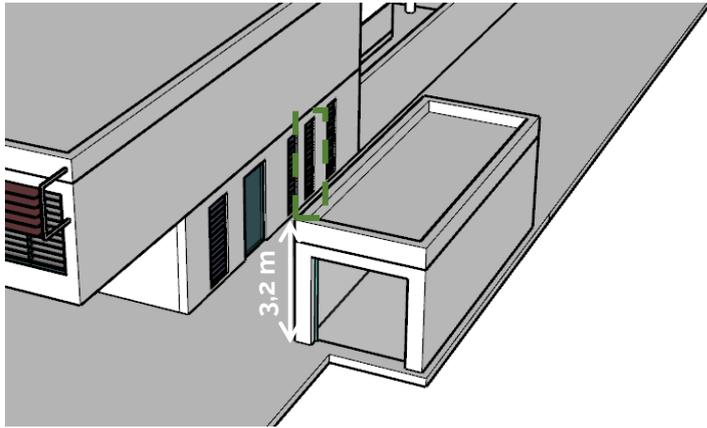
### Fenêtre + masque proche

Il s'agit de la configuration de **cuisine, orientée Nord**. Celle-ci a la particularité d'avoir un local à déchets positionné à quelques mètres de la fenêtre créant un masque solaire certain.

Les baies sont des châssis persiennés. S'agissant d'un remplissage par des lames opaques, les deux options de calcul sont possibles. Par soucis de simplicité, l'on considère ici un remplissage par lames opaques de teinte noire, étant donné que la couleur de la persienne est gris sombre. Ce type de remplissage a un FS<sub>o</sub> de 0,5 et donne un facteur solaire de 50%, ce qui correspond au seuil fixé.

La difficulté de l'intégration des masques proches réside en la nécessité de faire un calcul particulier pour chaque. L'exemple qui suit porte sur le châssis persienné au centre des trois. Pour cette baie, le local à déchet permet de réduire la valeur de Cm de 6% et ainsi faire passer le **facteur solaire à 47,2%**.

Le détail du calcul qui suit présente l'intégration d'un masque proche dans le calcul du Cm de la configuration. La hauteur du masque à prendre en compte est calculée à partir du sol fini.



| MASQUES<br>urbains / bâtiments sur même parcelle |              |             |
|--|--------------|-------------|
| couples (distance (d) ; altitude (a))            |              |             |
| altitude point observation (m)                   |              | 0           |
| <i>si plusieurs étages (sinon 0)</i>             |              |             |
| Az (° N)   | distance (m) | hauteur (m) |
| 0  | 2,0 m        | 3,2         |
| 10   | 3,0 m        | 3,2         |
| 20   | 3,0 m        | 3,2         |
| 30   | 3,0 m        | 3,2         |
| 40   | 4,0 m        | 3,2         |
| 50   | 4,0 m        | 3,2         |
| 60   | 5,0 m        | 3,2         |
| 70   | 6,0 m        | 3,2         |
| 80   |              |             |
| 90   |              |             |
| 100  |              |             |
| 110  |              |             |
| 120  |              |             |
| 130  |              |             |
| 140  |              |             |
| 150  |              |             |
| 160  |              |             |
| 170  |              |             |
| 180  |              |             |
| 190  |              |             |
| 200  |              |             |
| 210  |              |             |
| 220  |              |             |
| 230  |              |             |
| 240  |              |             |
| 250  |              |             |
| 260  |              |             |
| 270  |              |             |
| 280  |              |             |
| 290  |              |             |
| 300  |              |             |
| 310  |              |             |
| 320  |              |             |
| 330  |              |             |
| 340  | 3,0 m        | 3,2         |
| 350  | 2,0 m        | 3,2         |
| 360  | 2,0 m        | 3,2         |

Effet sur ensoleillement -6%

## E. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE

Pour faciliter la vérification de la conformité du projet à l'obligation de protection solaire des baies, il est conseillé de réaliser un tableau de synthèse :

| Bât.                                     | Activités / Destination                        | Niveau    | Configuration  | Orientations                                 |       |     |     |
|--|--|-----------|--|--|-------|-----|-----|
|  |  |           |  | Nord   | Ouest | Est | Sud |
| 1  | Administration                                 | RDC       | Châssis fixe vitré toute hauteur + casquette 120cm                                 | FS%  |       |     |     |
|  |  |           | Châssis fixe vitré toute hauteur + casquette 200 cm & masque solaire               | Conforme                                     |       |     |     |
|  |  |           | Châssis fixe à jalousies vitrées toute hauteur + casquette 120cm                   | FS%  | FS%   |     |     |
|  |  |           | Châssis fixe à jalousie vitrée toute hauteur + casquette 50cm                      |  |       |     | FS% |
|  |  |           | Châssis fixe vitré toute hauteur + brise soleil à lames horizontales               |  |       | FS% |     |
|  |  |           | Châssis fixe à jalousies vitrées toute hauteur + brise-soleil à lames horizontales |  |       | FS% |     |
| 2  | Réfectoire/Bibliothèque /Salle des professeurs | RDC / R+1 | Châssis fixe à jalousies vitrées toute hauteur + brise-soleil à lames horizontales |  |       | FS% |     |
|  |  |           | Fenêtre coulissante + casquette 50cm   |  |       |     | FS% |
|  | Infirmierie/Bibliothèque                       | R+1       | Châssis fixe à jalousies vitrées toute hauteur + casquette 120cm                   |  | FS%   |     |     |
|  |  | RDC       | Châssis fixe à jalousies vitrées toute hauteur + casquette 200cm                   |  | FS%   |     |     |
|  |  |           | Châssis fixe à jalousies vitrées toute hauteur + casquette 120cm                   |  | FS%   |     |     |
|  |  | RDC       | Châssis persienné (larg. 80cm) + masque  | 50%  |       |     |     |
| Châssis persienné (larg. 120cm) + masque | 50%  |           |  |  |       |     |     |
| 3  | Salles de classe                               | R+1       | Fenêtre coulissante + casquette  | 49,2%  |       |     | FS% |
|  |  | R+1       | Fenêtre coulissante + casquette & brise-soleil                                     |  | 26,4% |     |     |
|  |  | R+1       | Fenêtre coulissante + casquette  |  |       | FS% |     |
|  |  | R+2       | Fenêtre coulissante + débord & brise-soleil  |  | FS%   |     |     |
|  |  | R+2       | Fenêtre coulissante + débord   |  |       | FS% |     |
| 5  | Salles d'activités                             | RDC       | Châssis à jalousies toute hauteur + casquette                                      |  |       | FS% |     |
|  |  |           | Châssis à jalousies toute hauteur + débord   |  |       | FS% |     |
|  | Chambres                                       | RDC       | Châssis à jalousies en imposte + casquette   | Surface inférieure à 0,5 m <sup>2</sup> : NC |       |     |     |
|  |  | RDC       | Châssis à jalousies toute hauteur + casquette                                      |  |       |     | FS% |
|  |  | RDC       | Porte-fenêtre coulissante + casquette  | FS%  |       |     |     |
|  |  | RDC       | Châssis persienné  |  | 35 %  |     |     |
|  |  | R+1       | Châssis à jalousie en imposte + débord   | Surface inférieure à 0,5 m <sup>2</sup> : NC |       |     |     |
|  |  | R+1       | Châssis à jalousie toute hauteur + casquette & débord                              |  |       |     | FS% |
|  |  | R+1       | Porte-fenêtre coulissante + débord   | FS%  |       | FS% |     |
| R+1                                      | Châssis persienné                              |           | 35 %   |  |       |     |     |

## VIII. EXEMPLES DE DISPOSITIONS CONFORMES A LA REBPF

### 1. Solutions techniques appliquées à des fenêtres vitrées sur allège

Les solutions techniques suivantes sont appliquées à une **fenêtre coulissante à deux vantaux de dimension 200 cm x 110 cm** de hauteur. **Les seuils de performances visés sont ceux applicables aux typologies autres que l'enseignement pour un taux de surface de baie inférieur à 70%.**

#### A. PROTECTION PAR LES MASQUES SOLAIRES

Les casquettes sont situées directement au-dessus des baies.

Sauf indication contraire, il est pris en compte une prolongation de 10 cm de part et d'autre de la casquette de protection solaire.

| Type de protection solaire   | Type de vitrage / Taille de la protection solaire            |   |   | Schéma de principe |
|--|--|---|---|--------------------|
|  | Simple vitrage clair   | Simple vitrage teinté                           | Double vitrage teinté ou à contrôle solaire |                    |
| Casquette horizontale ou retrait par rapport à la façade   | N : 30 cm<br>S : 5 cm<br>E : 60 cm<br>O : 55 cm              | N : 15 cm<br>S : 0 cm<br>E : 25 cm<br>O : 25 cm | - <sup>4</sup>                              |                    |
| Casquette horizontale prolongée sur les côtés de plus de 5 mètres (débord infini)  | N : 25 cm<br>S : 5 cm<br>E : 50 cm<br>O : 45 cm              | N : 15 cm<br>S : 0 cm<br>E : 25 cm<br>O : 20 cm | -   |                    |
| Casquette inclinée à 17° (30%) (équivalente à une casquette de longueur Lc avec un retour de hauteur Lh = 0,3 · Lc) <sup>5</sup> | N : 25 cm<br>S : 5 cm<br>E : 35 cm<br>O : 30 cm              | N : 10 cm<br>S : 0 cm<br>E : 15 cm<br>O : 15 cm | -   |                    |
| Casquette et joues latérales gauche et droite de mêmes dimensions (sans prolongation ni décalage par rapport à la baie)          | N : 25 cm<br>S : 5 cm <sup>6</sup><br>E : 45 cm<br>O : 45 cm | N : 10 cm<br>S : 0 cm<br>E : 25 cm<br>O : 20 cm | -   |                    |

#### B. BRISE-SOLEIL

Le vitrage considéré est un simple vitrage de couleur claire.

Les brise-soleils sont situés à une distance de 20 cm de la façade, avec une prolongation de 10 cm à droite, à gauche et au-dessus de la baie. Le brise-soleil est de teinte claire.

<sup>4</sup> Aucune protection n'est nécessaire.

<sup>5</sup> Les dimensions indiquées correspondent à longueur de la casquette projetée horizontalement

<sup>6</sup> Une protection par casquette uniquement est suffisante. Cette solution correspond sinon à la pose d'une menuiserie au milieu du mur ou au nu intérieur du mur.

| Type de protection solaire   | Orientation / Hauteur du brise-soleil <sup>7</sup> |                    |       |       | Schéma de principe  |
|--|--|--------------------|-------|-------|---|
|  | Nord   | Sud                | Est   | Ouest |   |
| Brise-soleil à lames horizontales <ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinaison 0°</li> <li>Espacement 20 cm</li> <li>Profondeur 20 cm</li> <li>Épaisseur 35 mm</li> </ul>  | 65 cm  | 15 cm              | 70 cm | 65 cm |  |
| Brise-soleil à lames horizontales <ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinaison 45°</li> <li>Espacement 20 cm</li> <li>Profondeur 20 cm</li> <li>Épaisseur 35 mm</li> </ul> | 55 cm  | 10 cm <sup>8</sup> | 55 cm | 55 cm |  |

| Type de protection solaire  | Orientation / Espacement entre lames <sup>9</sup> |                      |       |       | Schéma de principe  |
|---|---|----------------------|-------|-------|---|
|   | Nord  | Sud                  | Est   | Ouest |   |
| Brise-soleil à lames verticales <sup>10</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinaison : 90°</li> <li>Profondeur 20 cm</li> </ul> | 60 cm   | 210 cm <sup>11</sup> | 25 cm | 30 cm |  |
| Brise-soleil à lames verticales <sup>7</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinaison : 90°</li> <li>Profondeur 30 cm</li> </ul>  | 80 cm   | 210 cm <sup>8</sup>  | 30 cm | 40 cm |   |

### C. PROTECTIONS RAPPORTEES

| Type de protection solaire  | Type de vitrage / Dimension de la casquette     |                       |   | Schéma de principe  |
|---|---|-----------------------|---|---|
|   | Simple vitrage clair                            | Simple vitrage teinté | Double vitrage teinté ou à contrôle solaire |   |
| Casquette horizontale + volet roulant plein ou ajourée < 30% de percement | N : 15 cm<br>S : 0 cm<br>E : 25 cm<br>O : 25 cm |                       | -   | <br>ou |
| Volet plein à projection  |   |                       | -   |        |

## 2. Solutions techniques appliquées à des portes-fenêtres vitrées

Les solutions techniques suivantes sont appliquées à **une porte-fenêtre coulissante à deux vantaux de dimensions 300 x 210 cm** de hauteur. **Les seuils de performances visés sont ceux applicables aux typologies autres que l'enseignement pour un taux de surface de baie inférieur à 70%.**

<sup>7</sup> Correspond à la hauteur devant la baie plus une prolongation de 10 cm au-dessus.

<sup>8</sup> Un simple retrait de 5cm de la baie par rapport à la façade est suffisant.

<sup>9</sup> Correspond à des lames verticales avec un prolongement de 10 cm au-dessus de la baie

<sup>10</sup> Le brise-soleil est modélisé selon la méthode indiquée dans la fiche d'application relative à l'outil Cm

<sup>11</sup> Des joues latérales de part et d'autre de la baie sont suffisantes

## A. PROTECTION PAR LES MASQUES SOLAIRES

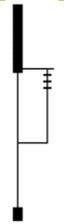
Les casquettes sont situées directement au-dessus des baies. Sauf indication contraire, il est pris en compte une prolongation de 10 cm de part et d'autre de la casquette de protection solaire.

| Type de protection solaire  | Type de vitrage / Taille de la protection solaire             |   |   | Schéma de principe  |
|---|---|---|---|---|
|   | Simple vitrage clair  | Simple vitrage teinté                           | Double vitrage teinté ou à contrôle solaire |   |
| Casquette horizontale ou retrait par rapport à la façade                          | N : 65 cm<br>S : 10 cm<br>E : 115 cm<br>O : 110 cm            | N : 30 cm<br>S : 0 cm<br>E : 50 cm<br>O : 45 cm | - <sup>1</sup>                              |  |
| Casquette horizontale prolongée sur les côtés de plus de 5 mètres (débord infini) | N : 50 cm<br>S : 10 cm<br>E : 95 cm<br>O : 85 cm              | N : 25 cm<br>S : 0 cm<br>E : 45 cm<br>O : 40 cm | -   |   |
| Casquette et joues latérales gauche et droite de mêmes dimensions                 | N : 40 cm<br>S : 10 cm <sup>3</sup><br>E : 85 cm<br>O : 80 cm | N : 20 cm<br>S : 0 cm<br>E : 40 cm<br>O : 35 cm | -   |  |

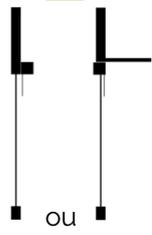
## B. BRISE-SOLEIL

Le vitrage considéré est un simple vitrage de couleur claire.

Les brise-soleils sont situés à une distance de 20 cm de la façade, avec une prolongation de 10 cm à droite, à gauche et au-dessus de la baie. Le brise-soleil est de teinte moyenne.

| Type de protection solaire  | Orientation / Hauteur du brise-soleil <sup>4</sup> |       |        |        | Schéma de principe  |
|---|--|-------|--------|--------|---|
|   | Nord   | Sud   | Est    | Ouest  |   |
| Brise-soleil à lames horizontales <ul style="list-style-type: none"> <li>Inclinaison 0°</li> <li>Espacement 20 cm</li> <li>Profondeur 20 cm</li> <li>Épaisseur 35 mm</li> </ul> | 110 cm   | 20 cm | 125 cm | 120 cm |  |

## C. PROTECTIONS RAPPORTEES

| Type de protection solaire  | Type de vitrage / Dimension de la casquette     |                       |   | Schéma de principe   |
|---|---|-----------------------|---|--|
|   | Simple vitrage clair                            | Simple vitrage teinté | Double vitrage teinté ou à contrôle solaire |  |
| Casquette horizontale + volet roulant plein ou ajourée < 30% de percement | N : 30 cm<br>S : 0 cm<br>E : 50 cm<br>O : 45 cm |                       | -   |  ou  |