

CONCEPTION DES PROTECTIONS SOLAIRES

PRINCIPES GÉNÉRAUX ET RETOURS D'EXPÉRIENCE

CONCEPTION DES PROTECTIONS SOLAIRES

PRINCIPES GÉNÉRAUX ET RETOURS D'EXPÉRIENCE

Photo de couverture

Lycée Monte Christo à Allauch.

© Architectes Huit et demi mandataire, JM Chancel et JS Cardone associés.

SOMMAIRE

CONTEXTE	4
DÉVELOPPER UNE « STRATEGIE » DE PROTECTION SOLAIRE	6
Questions « clés » devant un nouveau projet	7
Course solaire et stratégie par orientation	8
Besoin en lumière naturelle dans les locaux.....	10
Besoin en ventilation naturelle.....	12
Intervention des usagers dans la gestion des protections solaires.....	14
Quel objectif de blocage du rayonnement solaire direct ?	16
Entretien, maintenance et résistance au vent.....	18
Quelques outils utilisables	21
TOUR D'HORIZON DE QUELQUES SOLUTIONS DISPONIBLES	25
Volets roulants sans projection.....	26
Volets roulants avec projection.....	28
Brise-soleil orientables (BSO)	30
Volets battants (tous types).....	32
Volets accordéon et papillon	34
Protections solaires fixes	36
Protection solaire végétale.....	38
Stores toiles extérieurs	40
Stores toiles intérieurs.....	41
Protections solaires adaptatives: vitrages à contrôle solaire, etc.....	42
COMPARATIF MULTICRITÈRE DES SOLUTIONS.....	45
RETOUR D'EXPERIENCE DE QUELQUES CAS TYPES	47
Groupe Scolaire Jean Moulin à Miramas.....	48
Résidence Jas de Bouffan à Aix-en-Provence.....	54
Luminy bâtiments TPR1 / TPR2	56
Logements gradins à Arles.....	62
RECOMMANDATIONS	64
POUR ALLER PLUS LOIN	65

CONTEXTE

Dans la continuité du **PANORAMA DES PROTECTIONS SOLAIRES** proposé aux maîtres d'ouvrage, et publié sur l'EnviroBOITE en 2021, EnvirobatBDM souhaite apporter une approche plus technique et détaillée de l'efficacité des protections solaires.

Cette étude a pour vocation d'être un guide concis pour les maîtres d'œuvre dans le choix et la conception des protections solaires.

Ce guide porte sur un échantillon de solutions adaptées *a minima* aux usages et typologies suivants :

- Enseignement
- Bureaux
- Logements

Cela dans le cadre de réhabilitations ou de constructions neuves.

Le guide porte principalement sur des bâtiments se situant en climat méditerranéen avec des latitudes comprises entre 43 et 45°N.

Ce guide n'a pas pour vocation d'être exhaustif, beaucoup d'autres cas de figure pourraient être étudiés.

MERCI spécialement à Claire Lorenzini, Léo George, Dalila Belaïd et Vincent Piori (Inddigo) pour son accompagnement technique tout au long de la rédaction du rapport, ainsi que pour l'apport d'images.



Panorama des protections solaires à l'intention des maîtres d'ouvrage.

<https://www.enviroboite.net/panorama-des-protections-solaires>



De nombreux marqueurs d'une stratégie de protection solaire méditerranéenne sont présents sur cette photo : volets battants en bois, arbre à feuille caduques, plantes grimpantes, végétalisation des abords, cannisses sur tonnelle, etc.

Mas Travaillan (84) © Christine Miranda Immobilier

DÉVELOPPER UNE « STRATEGIE » DE PROTECTION SOLAIRE

La stratégie de protection solaire s'inscrit dans la stratégie de confort au sens large. La stratégie du « chaud » se décline non seulement par une protection solaire adaptée par orientation, mais également par une recherche d'inertie intérieure forte (sauf pour les locaux à très forts apports internes), une minimisation des apports internes et une stratégie de ventilation naturelle en lien avec l'inertie. Les protections solaires ont pour autant un impact important également en hiver, sur la valorisation des apports solaires et la gestion de l'éblouissement notamment.

L'approche bioclimatique permet d'intégrer les atouts et contraintes du site à cette stratégie de confort d'été.

La définition d'une stratégie de protection solaire, pour être réellement efficace et pertinente, devra prendre en compte une multitude de facteurs:

- La topographie du terrain
- Les masques lointains
- Les masques proches environnants
- L'orientation du bâtiment
- Le type d'usage considéré des locaux et sa temporalité
- Les besoins en éclairage naturel
- La volonté architecturale dans son ensemble
- La surface vitrée, la nécessité/volonté/possibilité de l'ouvrir, d'avoir un passage, etc.
- La couleur des parois
- Les matériaux souhaités
- Les occupants du bâtiment (adultes, enfants, seniors, permanents, de passage, etc.)

Mais aussi:

- Le budget disponible
- La capacité d'entretien et de maintenance

des futurs occupants

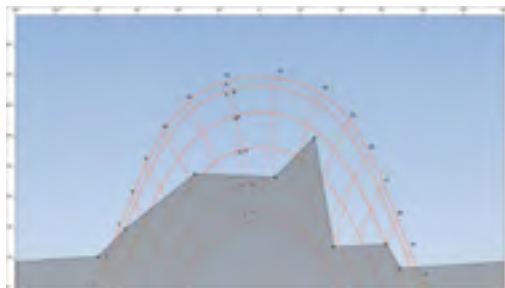
Il n'existe pas de solution clé en main, cette liste n'est pas exhaustive et plusieurs autres facteurs peuvent être pris en compte.

QUESTIONS « CLÉS » DEVANT UN NOUVEAU PROJET

Dans quel environnement se situe mon bâtiment ?
La protection solaire d'un bâtiment ne peut pas se concevoir sans considérer les éléments externes à lui-même, voire à la parcelle, qui concourent à la stratégie globale de protection solaire.

Il s'agit ici concrètement des masques proches et lointains qui déterminent l'exposition réelle au soleil du bâtiment. Des logiciels existent pour prendre en compte **les masques lointains** générés par le relief (montagnes ou collines).

Le logiciel spécialisé Carnaval, fourni par Sober software, est intégré par défaut à Pleiades. Le masque solaire y est caractérisé d'est en ouest (azimut) par la hauteur angulaire de l'obstacle.



Logiciel Carnaval Masques Lointains

Des sites spécialisés existent également :

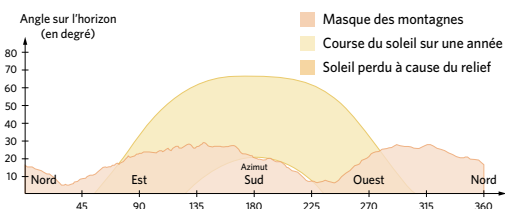
- **PVGIS**: Totalement gratuit, il permet, avant le calcul de productible solaire pour une installation, de générer des fichiers concernant les masques lointains :

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/tools.html

- **Heliomask**: Gratuit en partie pour obtenir une courbe mais payant pour la prise en compte de certains bâtiments environnants ou de courbes plus détaillées. www.heliorama.com/nos-produits

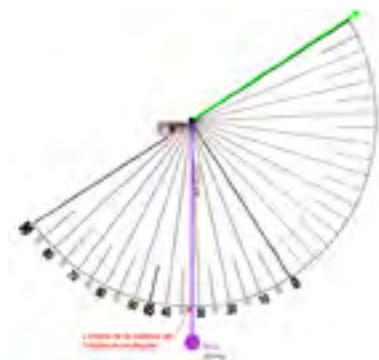


Résidence Famille & Provence (Jas de Bouffan, Aix-en-Provence)
© Bouygues Bâtiment Sud Est Architecte Baldassari



Représentation graphique des masques lointains sur course du soleil orthographique

Le calcul des **masques proches** (bâtiments voisins, végétation, débords et caquettes, etc.) est souvent intégré par les logiciels utilisés pour les études de Simulation Thermique Dynamique (STD) qui valident la stratégie de confort d'été en étudiant les indicateurs atteints, par exemple. Il est également possible de les définir de manière manuelle, pour chaque menuiserie, à l'aide de la méthode développée par HESPUL sur le site www.photovoltaique.info



Inclinomètre pour création « manuelle » d'un masque proche et lecture de la hauteur angulaire de l'obstacle

COURSE SOLAIRE ET STRATÉGIE PAR ORIENTATION

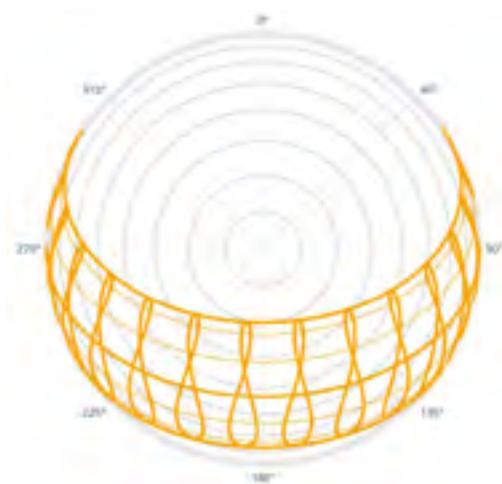
Il est primordial de connaître et comprendre la course du soleil, notamment pour se défaire de lieux communs du type «le soleil se couche à l'ouest» alors qu'il se couche, selon la période de l'année, entre le nord-ouest et le sud-ouest en Provence par exemple.



Briançon depuis la citadelle Vauban. © Thierry Llansades

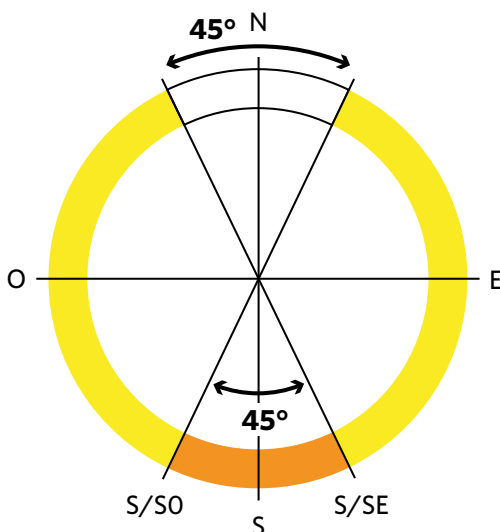
La course du soleil est extractible des données climatiques horaires. Sa représentation peut-être stéréographique ou orthographique.

Il est possible de s'appuyer également sur le schéma suivant pour une approche simplifiée de la stratégie de protection à adopter.



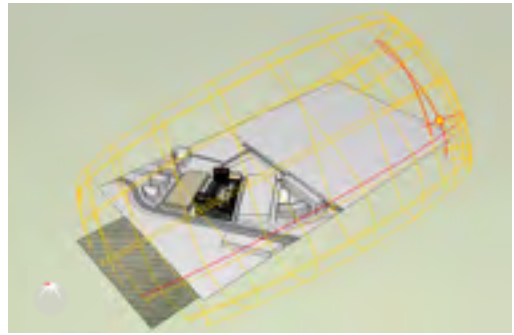
Course du soleil stéréographique pour Marseille
Source : Berkeley CBE Clima Tool

Elle permet de déterminer le niveau de protection à apporter selon l'orientation, l'heure et la saison en prenant en considération la hauteur du soleil.



- Peu de protection solaire requise. L'ombrage créé par le tableau est parfois suffisant. Vigilance : peut être source de surchauffe si pas traité du tout.
- Protection extérieure, fixe ou mobile avec facteur solaire <0,10
- Débords, casquettes, auvents, pergola, etc. peuvent être suffisants

La réalisation d'un héliodrom est un outil efficace pour comprendre la course du soleil et les effets d'ombrage induits pour adapter sa stratégie de protection solaire. Elle est possible avec la quasi-totalité des outils décrits plus en avant dans ce guide.

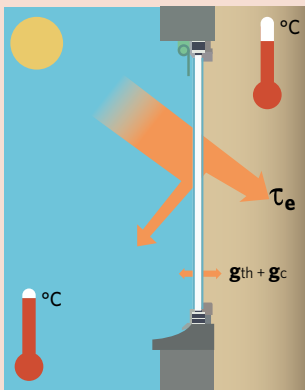


Exemples d'héliodrom (source INDDIGO).

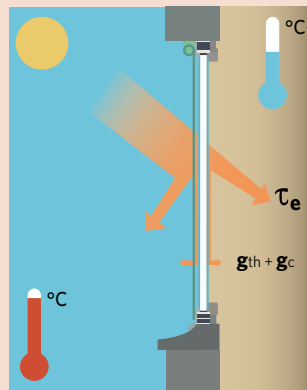
La performance globale de la protection solaire et de la menuiserie doit être réfléchi en fonction de la course du soleil et des orientations. Elle se caractérise par une grandeur appelée **facteur de transmission d'énergie total, ou facteur solaire (g_{tot})**. Il représente la part du rayonnement incident qui est transmise à l'intérieur d'un local. Il est la combinaison de facteur solaire du vitrage et de celui de la protection solaire.

Il existe deux méthodes de calcul pour le g_{tot} d'un dispositif de protection solaire associé à un vitrage :

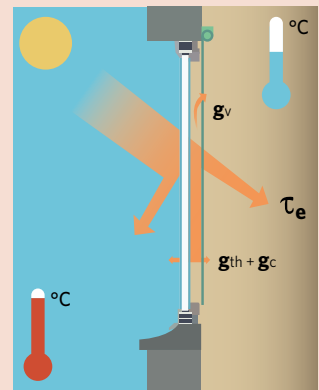
- Une méthode simplifiée donnée dans l'EN ISO 52022-1,
- Ou une méthode détaillée donnée dans l'EN ISO 52022-3.



Cas d'une protection solaire relevée



Cas d'une protection solaire extérieure déployée



Cas d'une protection solaire intérieure déployée

Illustration du facteur solaire et g_{tot}

Source « La protection solaire pour des bâtiments durables et à basse consommation ».



Pour davantage de détail sur les méthodes de calcul du g_{tot} , les composantes du spectre lumineux et les performances attendues des menuiseries, nous conseillons la lecture du guide « La protection solaire pour des bâtiments durables et à basse consommation » - Édition 2 février 2018 par European Solar-Shading Organisation et traduit en Français par la FFB-Actibaie.

BESOIN EN LUMIÈRE NATURELLE DANS LES LOCAUX

Aucune réglementation ne définit une quantité d'éclairage naturel minimum dans les bâtiments tertiaires ou d'habitation. Pour autant, de nombreux programmes, démarches ou certifications environnementales fixent des objectifs quantifiés.

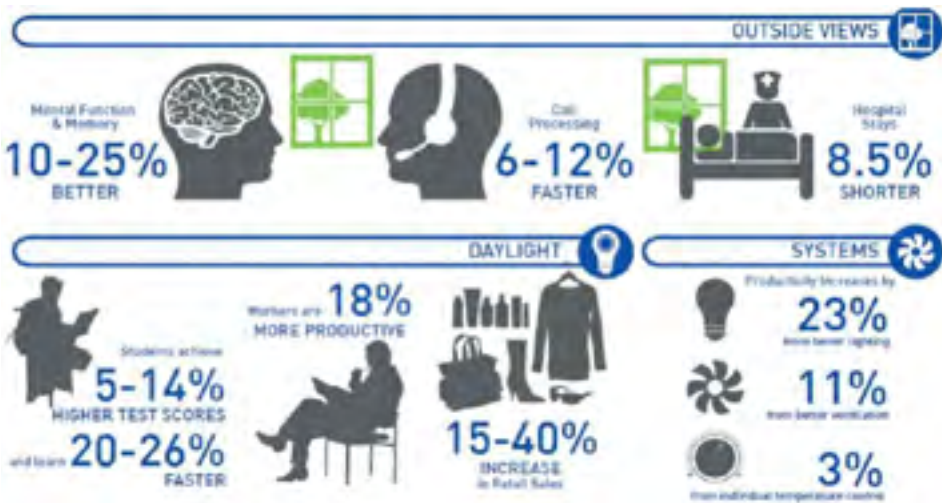


Salle de repos maternelle - Pas ou très peu de besoin en éclairage naturel. © Mairie de Montvendre (26)

L'accès à une lumière naturelle de qualité est primordial pour la santé.

Le spectre complet de la lumière du jour (de l'ultraviolet au proche infrarouge) et son dynamisme (densité de la lumière et de la couleur de la lumière) affectent les sens biologiques de l'homme. Il synchronise notre horloge biologique (rythme circadien) et affecte la qualité du sommeil ainsi que la production de vitamines et d'hormones (vitamine D3, mélatonine, sérotonine, cortisol, etc.).

Il renforce également le système immunitaire. On sait aussi que le manque de lumière du jour contribue à des maladies comme le rachitisme, l'ostéoporose, le psoriasis, la souffrance musculaire, etc. Certains types de cancer sont soupçonnés d'être liés à des phénomènes de défaut de lumière ou d'irradiation.



Impact de la lumière du jour sur le bien-être et les performances humaines
Source : World Green Building Council, 2013 "The Business Case For Green Building"

Afin de préserver la santé des occupants (problèmes de vue, migraine...) et réduire les consommations énergétiques associées à l'éclairage artificiel, le choix de protections solaires doit être adapté à la contrainte d'éclairement naturel.

Le confort visuel est une notion qui dépend de paramètres physiques quantifiables (quantité de lumière, qualité, répartition, environnement visuel, etc.) mais également de paramètres sociologiques. Les principales notions à manier pour s'approcher d'une situation jugée satisfaisante sur le plan de l'éclairage naturel et sur lesquels les protections solaires ont un impact important sont :

- **Quantité de lumière :** éclairage suffisant ou non pour effectuer correctement une tâche = distinguer les objets clairement, mise en valeur du relief.
- **Qualité de lumière :** éclairage naturel, rendu des couleurs, teinte de lumière agréable.
- **Répartition de la lumière :** répartition harmonieuse dans l'espace, absence d'ombres gênantes.
- **Environnement visuel :** aménager un espace agréable, des vues vers l'extérieur, absence d'éblouissement (fenêtres ou luminaires).



*Éblouissement causé par un haut niveau de luminosité sur la fenêtre. Source : La protection solaire pour des bâtiments durables et à basse consommation»
© European Solar-Shading Organisation*



Bureau - Besoin en éclairage naturel spécifique pour travail sur écran (éblouissement) © IchrakCenter - Casablanca

BESOIN EN VENTILATION NATURELLE

La ventilation naturelle reste importante pour garantir le confort des occupants. La capacité de ventilation naturelle peut être fortement impactée par le type de protection solaire.

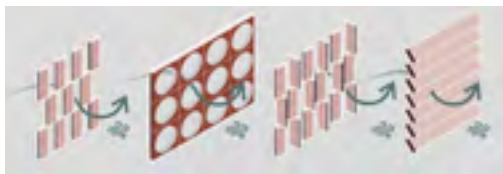


Maison Bros © EnvirobatBDM

Cette réflexion est primordiale:

- Pour les protections mobiles
 - S'il y a un besoin de ventilation naturelle en journée concomitant avec un besoin de protection solaire.
 - S'il y a un besoin de ventilation naturelle tout en se prémunissant des risques d'intrusion (la nuit par exemple - pénétration d'insectes ou d'animaux).
- Pour les protections fixes: à tout moment de la journée et de la nuit s'il est nécessaire de ventiler naturellement à travers les ouvrants.

Calcul de l'impact d'une protection solaire extérieure sur la porosité et le potentiel de ventilation.



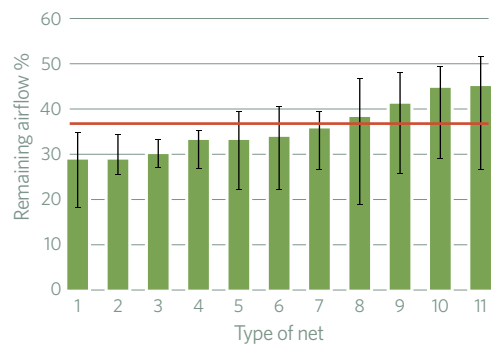
La porosité des lames est directement à partir de la formule suivante:

$$P_{\text{lam}} = \frac{A_{\text{traversée}}}{A_{\text{totale}}}$$



Source: Fiche d'application RTAA DOM «Protection contre le rayonnement solaire».

Hors protection solaire: impact moyen de la mise en place d'une moustiquaire: de 50 à 70 % de ventilation en moins.



Source: «Airflow attenuation and bed net utilization: observations from Africa and Asia» - Malaria Journal.

NB: Lors de la saisie de la protection solaire sur les logiciels de simulation thermique dynamique, il est important de prendre en compte la diminution de surface d'ouverture. Par exemple, lorsque le volet est considéré comme abaissé à 80%, le taux d'ouverture n'est en réalité plus que de 10 ou 20% maximum. Il s'agit d'une erreur communément réalisée, la personne en charge des calculs pensant à tort que cette prise en compte est automatiquement faite par le logiciel.

Impact des protections solaires mobiles sur la ventilation selon la RE2020

TYPLOGIE DES PM (TYPO_PM)	EXEMPLES	TAUX PASSAGE_AIR_PM (%)
① Valeur par défaut	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volets isolants 	0 %
② Tablier non ou faiblement ajouré (surface ajourée < 10 % de la surface du tablier)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volets roulants sans projection ▪ Volets battants sans projection ▪ Persiennes et jalousies sans projection ▪ Volets coulissants ▪ Stores extérieurs enroulables opaques guidés ▪ Stores intérieurs enroulables opaques 	10 %
③ Tablier ajouré (surface ajourée entre 10 % et 30 % de la surface du tablier)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volets roulants à agrafes ▪ Volets roulants à micro-lames ajourées 	25 %
④ Tablier fortement ajouré (sur- face ajourée entre 30 % et 50 % de la surface du tablier)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volets battants persiennés à lames fixes ou orientables sans projection ▪ Volets coulissants déportés du mur ▪ Moustiquaires 	50 %
⑤ Tablier très fortement ajouré (surface ajourée > 50 % et 50 % de la surface du tablier); protection mobile à projection.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stores vénitiens extérieurs (BSO) ▪ Stores vénitiens intérieurs ▪ Volets roulants à lames orientables ▪ Volets roulants à projection ▪ Volets battants persiennés à lames fixes ou orientables avec projection 	75 %
⑥ Pas de protection mobile (Type_PM_GPM=0)		100 %

ANNEXE III : Méthode de calcul détaillée « Th-BCE 2020 »

INTERVENTION DES USAGERS DANS LA GESTION DES PROTECTIONS SOLAIRES



Publicité Chanel « Égoïste » 1990. © Jean-Paul Goude

Le choix de la gestion des protections solaires doit se poser afin de garantir le confort d'usage. Seront-elles fixes ou mobiles ?

- Si le choix de protections mobiles est retenu, la gestion sera-t-elle manuelle ou automatisée ?
- Si la gestion automatisée est retenue, un système de *tracking* sera-t-il mis en place ?
- Ou une gestion des protections sur horloge ?
- Ou une gestion manuelle avec fermeture automatique en cas de pluie/vent violent
- Les utilisateurs doivent-ils avoir la possibilité de prendre la main ?

La conception d'un bâtiment bioclimatique ne doit pas devenir une démonstration de technologie. Il s'agit d'automatiser les systèmes quand les besoins se font réellement ressentir et les usages le permettent.

Pour les orientations et les bâtiments pour lesquels cela est possible, une protection solaire fixe apportant un blocage du rayonnement solaire direct satisfaisant sera à privilégier. Si des protections solaires mobiles sont mises en œuvre, le mode de gestion est également primordial afin de pérenniser leur efficacité.

Dans le cas de logements, le fonctionnement des protections solaires devra être obligatoirement laissé à la discrétion de leurs habitants, que ce soit de manière manuelle ou motorisée.

Dans le cas des bâtiments scolaires, nous pouvons distinguer deux typologies pour aider à faire le choix de la manipulation des protections solaires :

- Écoles maternelles et élémentaires dans lesquelles une salle est occupée par un.e enseignant.e désigné.e. Cette personne percevra mieux, d'un jour à l'autre, l'impact bénéfique d'une bonne gestion des protections solaires.
- Collèges, lycées, universités dans lesquels les salles sont « gérées » par plusieurs personnes et peuvent rester inoccupées à certaines périodes de la journée, impactant fortement les occupants suivants. Une gestion automatisée peut être recommandée.

Dans les bâtiments de bureau, il s'agit de déterminer également la capacité des occupants à intervenir sur la façade et à s'approprier leur espace de travail. Le développement récent du «flex office» est à ce titre à considérer. Selon cette capacité, une gestion automatisée peut être recommandée.

Si une automatisation de la protection solaire est choisie, une commande de dérogation locale devra impérativement être prescrite.

Les limites à l'éventuelle automatisation de protections solaires mobiles sont :

- Le coût.
- La complexité technique.
- L'entretien des capteurs / actionneurs.

Dans le cas de protections solaires mobiles, il est primordial que :

- **leur fonctionnement soit expliqué et détaillé aux futurs occupants, qu'il soit mécanisé (type de commande, automatisation, etc.) ou non (type de crémonne, de blocage à mi-course, etc.) ;**
- **le bon usage soit expliqué : quand et pourquoi manœuvrer la protection solaire extérieure plutôt qu'intérieure ou inversement (impact sur l'efficacité des protections solaires, sur le confort et/ou la consommation de climatisation, etc.).**

À ce titre, un simple livret n'est souvent pas suffisant et des phases de prise en main, avec des formations dispensées à des utilisateurs relais par exemple semblent être indispensables.

Si le pilotage automatique n'est pas indispensable voire souhaitable car entraînant une complexification inutile et une désappropriation des occupants, certaines solutions relativement simples peuvent donner satisfaction à l'usage comme en témoigne le REX ci-contre.



Poste Colbert à Marseille © Inddigo

► REX. Siège du Crédit Agricole de Poitiers

Le pilotage des BSO est automatique en inoccupation. Il n'y a pas de sun tracking mais un pilotage sur horloge :

- à 8h avant l'arrivée des salariés
- à 12h30 quand ils partent manger
- à 18h quand ils quittent les bureaux.

Quand l'occupant arrive dans son bureau, le BSO est baissé, lames horizontales. Libre à lui de remonter le BSO au détriment de son confort hygrothermique si la façade est ensoleillée. S'il part en déplacement ou en réunion dans la matinée, le store sera de nouveau abaissé à 12h30. S'il laisse le store remonté en partant à 18h celui-ci sera baissé automatiquement évitant l'absence de protection solaire tout un week-end par exemple.

Le pilotage est simple à comprendre par l'utilisateur, uniquement en saison chaude (du 15 mai au 15 septembre pour Poitiers).

La mise en œuvre est relativement simple via la Gestion Technique du Bâtiment (GTB). Les usagers sont satisfaits de ce système.

QUEL OBJECTIF DE BLOCAGE DU RAYONNEMENT SOLAIRE DIRECT ?

Il est primordial de pouvoir fixer dès le démarrage des études des objectifs globaux de performance des protections solaires, au-delà des exigences réglementaires.



Brise-soleil en rez-de-chaussée au Jas de Bouffan
© Domene SCOP

Rappel de l'exigence minimale réglementaire

Art. 24 - RE2020 - Arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine.

Zones H2a Zones H1a, H1b et H2B Zones H1c et H2C Zones H2d et H3	Toutes altitudes Altitude > 100 m Altitude > 800 m	Altitude < ou = 100 m Altitude < ou = 800 m Altitude > 400 m	Altitude < ou = 400 m
1. Baies exposées BR1 - locaux destinés au sommeil			
Baie verticale nord	0,65	0,45	0,25
Baie verticale autre que nord	0,45	0,25	0,15
Baie horizontale	0,25	0,15	0,10
2. Baies exposées BR2 ou BR3 - locaux destinés au sommeil			
Baie verticale nord	0,45	0,25	0,25
Baie verticale autre que nord	0,25	0,15	0,15
Baie horizontale	0,15	0,10	0,10
3. Baies exposées BR1 - hors locaux destinés au sommeil			
Baie verticale autre que nord	0,65	0,45	0,25
Baie horizontale	0,45	0,25	0,15
4. Baies exposées BR2 ou BR3 - hors locaux destinés au sommeil			
Baie verticale autre que nord	0,45	0,25	0,25
Baie horizontale	0,25	0,15	0,15

Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043936431>
JORF n°0189 du 15 août 2021

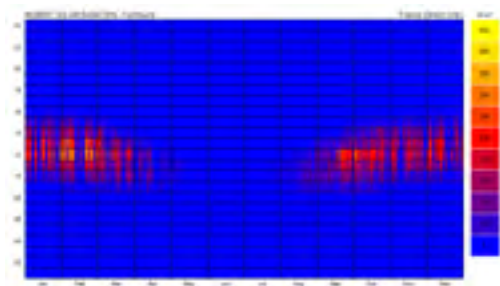
À l'exception des baies des locaux à occupation passagère, les baies ont un facteur solaire inférieur ou égal au facteur solaire du tableau, en considérant la protection solaire en position totalement déployée.

Les baies qui ne sont exposées à aucun rayonnement solaire direct d'avril à octobre, du fait de masques solaires lointains, peuvent n'appliquer que les exigences fixées pour les baies orientées au nord.

Bien qu'offrant une avancée intéressante par rapport à la RT2012, les valeurs présentées dans ce tableau

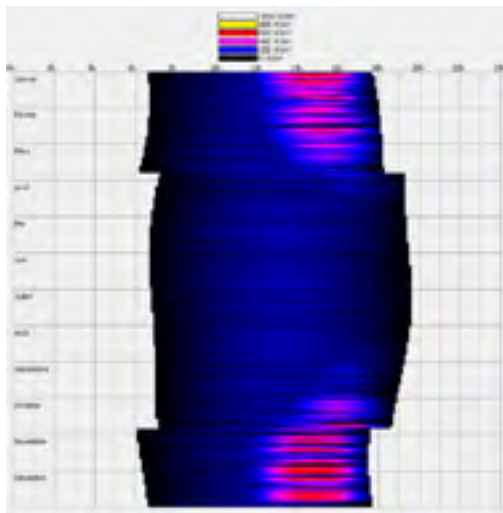
ne sont pas suffisantes pour permettre de garantir le confort d'été sans climatisation sous tous les climats et ne prennent pas en compte les autres impacts des protections solaires, en particulier sur la ventilation ou l'accès à la lumière naturelle.

► **Toutefois, en phase ESQ, lors des premières investigations, et dans le cas de protections solaires fixes, il est souhaitable de s'approcher d'une valeur de blocage de 90% du rayonnement solaire direct entre le 1^{er} mai et le 30 septembre. Pour des locaux non-climatisés, une valeur de 80% semble le minimum en dessous duquel le confort sera difficile à atteindre.**



Ce graphique représente les périodes d'ensoleillement direct sur les menuiseries avec, en abscisse, les mois et, en ordonnée, l'heure de la journée.

- Les zones bleues représentent les instants « ombragés », sans ensoleillement direct.
- Les zones rouges à jaune représentent les instants durant lesquels le vitrage reçoit une part du rayonnement solaire (en W/m^2 selon l'échelle à droite).



Exemples d'études graphiques avec le logiciel Ecotect (à gauche) ou Archi Wizard (ci-dessus). Elles sont également complétées par un export excel du blocage mensuel moyenné sur les mois d'Avril à Septembre.

D'autres questions peuvent se poser lors de la réflexion sur les protections solaires mobiles :

- Quels sont les choix / partis-pris architecturaux ?
- Quels sont les matériaux / techniques disponibles (localement) ?
- etc.

Ces questions n'entraînent pas de réponse technique simple et ne sont pas traitées dans ce guide. Elles peuvent avoir parfois une importance encore plus grande que celles évoquées plus haut.

ENTRETIEN, MAINTENANCE ET RÉSISTANCE AU VENT

Pour choisir des protections solaires, il est également important de s'interroger sur la pérennité du système et donc sur les coûts d'entretien et de maintenance associés.



Brise-soleil en rez-de-chaussée au Jas de Bouffan
© Domene SCOP

Résistance au vent

La résistance au vent est une caractéristique qui influe fortement sur les besoins d'entretien et de maintenance des protections solaires. Pour les protections solaires, cette résistance dépend des normes EN 13659 (BSO, volets roulants) et EN 13561 (stores).

Celle-ci va permettre de définir la classe de résistance au vent minimale des protections solaires en fonction :

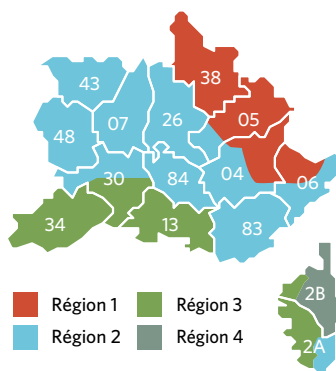
- De la zone géographique
- De la catégorie de terrain (rugosité)
- De la hauteur de la fermeture

Classe de résistance des stores banne (norme EN 13561)

Classe de résistance	0	1	2	3
Pression nominale d'essai (N/m ²)	<40	40	70	110
Pression d'essai de sécurité (N/m ²)	>48	48	84	132
Vitesse maximale du vent (km/h)	-	28	38	49
Classement du vent sur l'échelle de Beaufort	-	4	5	6

Classe de résistance au vent selon les zones de la région PACA - norme EN 13659 (BSO, volets roulants)

Catégorie de terrain	Hauteur en m (haut de la fermeture au-dessus du sol)					
	H<9	9<H18	18<H≤28	28<H≤50	50<H≤100	
Région 1	IV	2	2	2	3	3
	IIIb	2	2	3	3	4
	IIIa	2	3	3	3	4
	II	3	3	3	4	4
	0	3	4	4	4	4
Région 2	IV	2	2	2	3	4
	IIIb	2	3	3	3	4
	IIIa	3	3	3	4	4
	II	3	4	4	4	4
	0	4	4	4	4	5
Région 3	IV	2	2	3	3	4
	IIIb	2	3	3	4	4
	IIIa	3	4	4	4	4
	II	4	4	4	4	5
	0	4	4	4	5	5
Région 4	IV	3	3	3	4	4
	IIIb	3	3	4	4	4
	IIIa	3	4	4	4	5
	II	4	4	4	5	5
	0	4	5	5	5	5



Lors de la mise en œuvre il convient d'être attentif à l'environnement proche. Celui-ci peut créer un effet venturi provoquant l'accélération de l'air par formation de goulots d'étranglement entre les bâtiments.

Des logiciels tels que UrbaWind, permettent d'analyser les vents dans un quartier et de déterminer l'occurrence de vents violents à même de moduler la classe de résistance au vent à sélectionner.

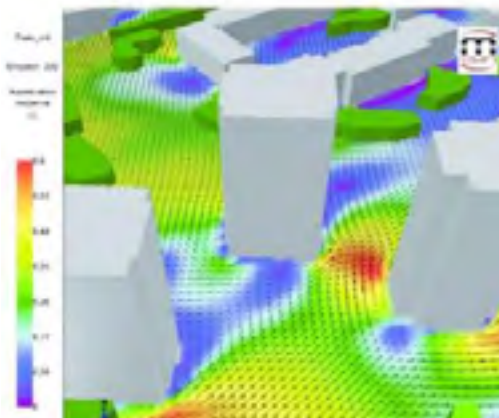
Lorsque le bâtiment est exposé à des vents violents, il faut privilégier les protections solaires fixes. Dans le cas d'un complément par BSO, le choix du type de lames est important. Des lames bombées auront une moins bonne résistance au vent que des lames plates ou occultantes.

Ainsi, certains fournisseurs de protections solaires mobiles ont mis en œuvre des protections spécifiques permettant de prendre en compte la résistance au vent (celles-ci ont tout de même des limites et ne permettent pas une installation dans tous les contextes) :

- Brise-soleil orientables en version résistante au vent (mise en place de coulisse spécifique, lamelle Zetra qui résiste à des vents allant jusqu'à 80 km/h chez WAREMA).
- Brise-soleil orientables LAMISOL VENTO de chez GRIESSER qui résistent à des vents allant jusqu'à 92 km/h, classe 6 (selon EN 13659) mais jusqu'à 120 km/h et classe 8 sur des largeurs inférieures à 150 cm.
- Stores zippés extérieurs RENSON mono AKevo résistant à des rafales jusqu'à 130 km/h, classe de résistance au vent 3 selon EN 13561.

► **Pour toutes les protections solaires mobiles, le guidage par câble est à réserver aux baies très protégées, ou de très faible largeur. Il est conseillé de ne pas les prescrire en zone ventée.**

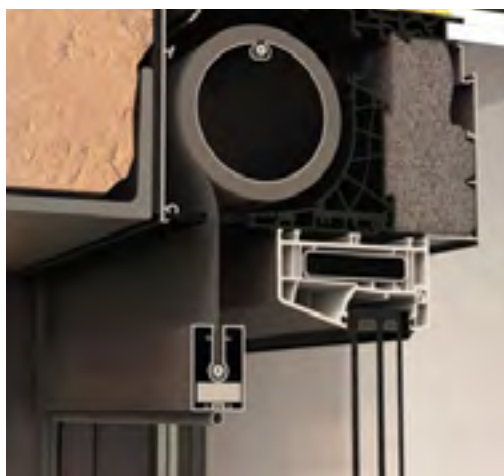
► **Une maintenance régulière sera à réaliser sur les protections solaires à câble afin de resserrer les boulons de serrage du câble.**



Représentation graphique des fréquences et vitesses de vent dans l'espace public. © Meteodyn



Zoom sur coulisses à chaînes © Griesser



Détail de store zippé résistant au vent © RENSON

Résistance saline

Lorsque les bâtiments sont proches de la mer, des brises marines peuvent venir endommager les protections solaires. Afin de garantir la durabilité du produit il sera important de prendre en compte la résistance au brouillard salin, à la corrosion, etc. Des labels tels que QualiCOAT / Qualimarine ou GSB permettent de garantir la prise en compte de ces éléments corrosifs. Il sera important de vérifier la pérennité des revêtements de protection ainsi que les maintenances à effectuer dans le temps.

Éléments dimensionnels prépondérants sur la tenue dans le temps

Si l'ensemble des protections mobiles sont disponibles sur des largeurs standards de 3 m, voire 5 m pour certains brise-soleil orientables, il s'agit d'un paramètre prépondérant sur la tenue dans le temps et la classe de résistance au vent. Nous conseillons de ne pas mettre en place des protections solaires mobiles de ce type sur des largeurs de plus de 150 cm sans recouvrement intermédiaire.

Nettoyage des vitrages

Lors de la conception il est important de prévoir l'entretien des vitrages. Des problèmes peuvent apparaître à l'usage. Le vitrage devra être manœuvrable entièrement et la protection solaire devra permettre le nettoyage par l'extérieur s'il n'est pas possible d'ouvrir totalement les menuiseries.



Protection solaire fixe avec partie ouvrante pour nettoyage. © Inddigo

Anticipation du «travail» du bois

La régularité des opérations de maintenance sur les protections solaires va dépendre, entre autres, du type de matériau constituant la protection solaire. Des retours d'expérience sur des brise-soleil orientables bois ont mis en lumière le problème de pérennité suivant: le mouvement du bois va rendre plus difficile l'orientation des lames, elles peuvent s'enchevêtrer en position fermée, rendant impossible la manipulation des brise-soleil. Ce type de BSO bois nécessite donc une intervention de maintenance « régulière », ce défaut ayant été repéré un an et demi après la livraison du bâtiment.



Lycée Paul Arène à Sisteron
Architecte Atelier Quadra © Inddigo

Problèmes liés aux limites de prestation lors de l'automatisation/gestion des protections solaires

Lors de la mise en place d'une protection solaire automatisée, plusieurs corps de métier interviennent: le façadier, le menuisier, l'entreprise en charge de la GTB, etc. Il est important que ces personnes puissent se coordonner. L'anticipation par les concepteurs avec la présentation dans le DCE de solutions techniques, logicielles ou de communication éprouvées est primordiale. Certains fabricants de protections solaires ne fournissent pas leur propre système de pilotage mais font appel à des sociétés externes. Cela doit être anticipé et vérifié au moment des VISA car c'est couramment la source de problèmes en phase chantier (et en fonctionnement avec la disparition de pièces de rechange et de personnes capables de gérer le système de pilotage).

QUELQUES OUTILS UTILISABLES

Il s'agit ici de faire un état des lieux des logiciels disponibles en fin d'année 2021 sans porter de jugement de valeur sur leurs performances (les choses pouvant changer vite, dans un sens comme dans l'autre, au gré des mises à jour et nouvelles versions). Cette liste ne peut être complètement exhaustive.

Différents outils aident à la conception des protections solaires pour :

- visualiser simplement les ombres portées en fonction de l'heure et/ou du jour de l'année,
- calculer l'ensoleillement des façades et des menuiseries,
- analyser le confort thermique de manière dynamique,
- calculer l'impact sur la lumière naturelle et l'éblouissement.

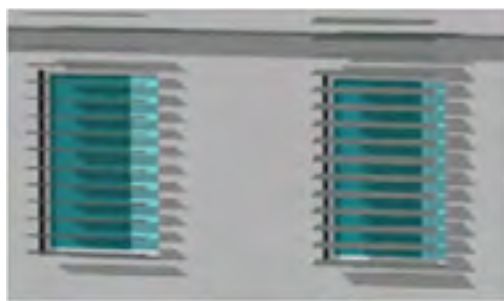
Ces études permettent de quantifier les résultats afin d'optimiser les solutions.

Exemple de logiciels pour réaliser ces études :

PLEAIDE COMFIE est un logiciel édité par la SCOP IZUBA Energies. Il permet l'écoconception des bâtiments au moyen de différents modules : simulation thermique et énergétique dynamique, calculs réglementaires, dimensionnement des équipements (chaud et froid), qualité de l'air intérieur, analyse de cycle de vie. Il offre un rendu visuel et une première approche sur l'analyse des ombres portées ainsi que l'ensoleillement par façades.

Avantages : Logiciel polyvalent permettant d'effectuer de nombreux calculs avec une seule modélisation (RT, STD, FLJ, ACV...). Facilité de prise en main.

Inconvénients : peu d'export de données possible pour faire des analyses chiffrées en phase amont avant STD, la saisie 3D est limitée (saisie en plan et visualisation en 3D).



Modélisations sous Pleiades et analyse des ombres portées et insolation des façades.



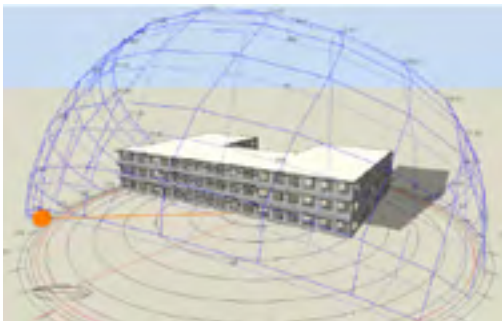
ARCHIWIZARD est un logiciel édité par GRAITEC. Il permet d'importer directement les maquettes numérique BIM afin d'étudier le confort thermique, lumineux et vérifier la conception bioclimatique. Il permet notamment une analyse précise des ombres portées, du taux d'ensoleillement des façades, etc.

Avantages: très rapide à prendre en main, large plage de protections solaires existantes, possibilité de faire des modifications sur sketchup avant d'importer la maquette, analyse à la fois visuelle et possibilité d'exporter un grand nombre de données sur Excel pour post-traitement (calcul de facteur solaire, etc.).

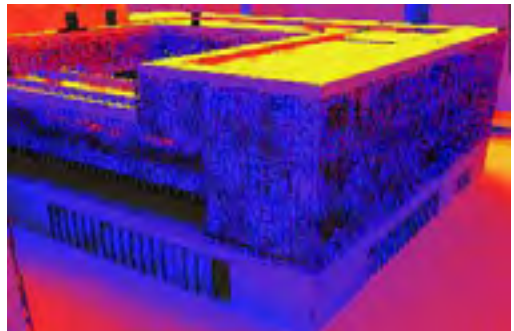
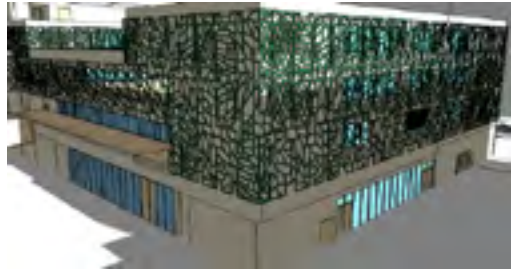
Inconvénients: certains temps de calculs importants si protections très complexes.

DESIGNBUILDER est un logiciel anglais, édité en France par BATISIM. Il s'appuie sur le moteur de calcul EnergyPlus.

Il permet l'écoconception des bâtiments au moyen de différents modules : simulation thermique et énergétique dynamique, calculs réglementaires, études d'ensoleillement intérieur et extérieur, CFD. Sa saisie graphique permet d'avoir un rendu visuel avec des volumes complexes et de pouvoir avoir une première approche sur l'analyse des ombres portées.



Export depuis le logiciel DesignBuilder. © Inddigo



Maquette dans ArchiWIZARD - Analyse des ombres portées et insolation des façades. © Inddigo

Avantages : Logiciel polyvalent (RT/RE, STD, FLJ, FLJ/ALJ, ombres portées, CFD). Réglages détaillés des systèmes et de leur régulation. La saisie est réellement faite en 3D et permet de saisir manuellement tous les masques possibles. Il est possible de sortir les résultats de rayonnement sur des fenêtres ou façades de façon détaillée sur Excel pour faire des calculs.

Inconvénients : le logiciel demande un temps de prise en main conséquent.

RELUX est un logiciel performant et intuitif de simulation de lumière naturelle et artificielle. Il permet de modéliser des formes complexes en 3D.

RHINO / LADYBUG / GRASSHOPPER : Ladybug est un plug-in au logiciel Rhino, très utilisé notamment en écoles d'architectures, permettant de réaliser de nombreuses analyses climatiques d'un projet, dont celles des protections solaires.

SKETCHUP est un logiciel développé par Trimble. Il permet la reprise et la modélisation des maquettes ainsi que l'analyse des ombres portées. Il permet seulement la réalisation d'Heliodon et aucune analyse énergétique quantitative.

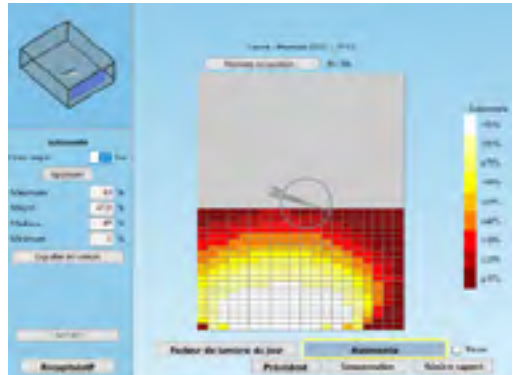
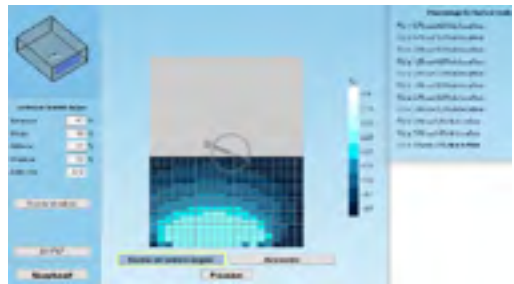
DIAL+ Le logiciel DIAL+ a été développé par Estia SA en collaboration avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Il a été conçu initialement pour réaliser des études d'éclairage naturel mais permet aujourd'hui de réaliser également des études de protections solaires des menuiseries ou de simulation thermique dynamique.

Ce logiciel monozone, dont l'interface reprend celle de Dial Europe, s'appuie sur une simulation local par local.

Avantages: simplicité de prise en main et rapidité d'utilisation, permet de faire un calcul sur une protection solaire, couplé à des résultats fiables d'éclairage naturel ciblés sur une pièce, sans avoir à modéliser l'ensemble du bâtiment.

Inconvénients: modélisation très simple uniquement. La mise à jour des résultats peut être fastidieuse si beaucoup de locaux ont été modifiés car il faudra refaire les simulations une par une pour chaque local modifié.



Capture d'écran depuis DIAL + © Inddigo

TRNSYS est un logiciel développé par le CSTB.

Il permet d'intégrer toutes les caractéristiques d'un bâtiment et de son équipement (systèmes de chauffage, climatisation) pour mener une étude mono ou multi-zone détaillée de son comportement thermique. Il ne permet pas en tant que tel de dimensionner des protections solaires.

ECOTECT est un logiciel développé initialement par SquareOne, une société australienne puis rachetée par Autodesk. Il était utile pour toutes les analyses d'ensoleillement et de calcul de protections solaires, y compris en phase ESQ à travers le petit outil annexe SolarTool. La commercialisation a été arrêtée en 2015. Une partie de ses fonctions ont été depuis directement intégrées à Revit.

OUTIL MASQUE CEREMA Depuis 2022 le Cerema met gratuitement un outil excel simple d'utilisation, qui permet d'obtenir l'impact de la protection en termes de chaleur reçue en été comme en période de chauffe. Il s'appuie sur des fichiers météo issus de la RT2012 et une simulation des facteurs solaires des menuiseries en fonction de la protection solaire extérieure fixe prévue et des masques lointains.

► **Dans le cas de protections solaires très spécifiques, il pourra être très intéressant de coupler plusieurs logiciels (par ex: Archiwizard pour déterminer précisément un facteur solaire puis Trnsys ou Comfie pour les STD, Sketchup pour une modélisation simplifiée puis Archiwizard pour une analyse énergétique quantifiée, etc.).**



© Architectes : Rudy Ricciotti et Roland Carta / Mucem
Photos : Lisa Ricciotti

TOUR D'HORIZON DE QUELQUES SOLUTIONS DISPONIBLES

Il s'agit ici de détailler 10 solutions parmi les plus fréquemment rencontrées et mises en œuvre. Cet état des lieux ne se veut absolument pas exhaustif, les possibilités techniques, architecturales, végétales, ... de réaliser une protection solaire efficace sont infinies.

VOLETS ROULANTS SANS PROJECTION

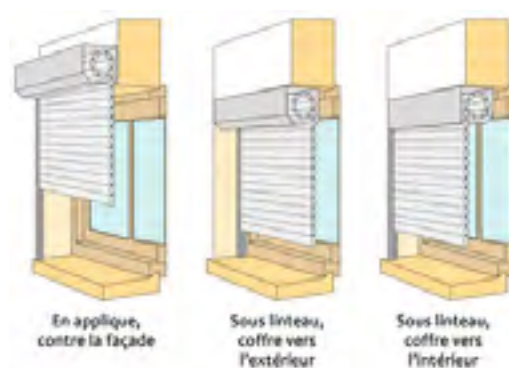
Ces volets peuvent être en aluminium, en PVC ou en bois avec un très grand choix de couleur. Leur facilité d'installation dans le neuf et en réhabilitation, ainsi que leur prix bas, en font le système d'occultation le plus utilisé à ce jour, en particulier en logement.



Volets roulants orientés vers l'ouest © Les Poulets Bicyclettes

Cependant, il est important de rappeler que le volet roulant seul n'est pas une protection solaire très adaptée, en particulier en climat méditerranéen.

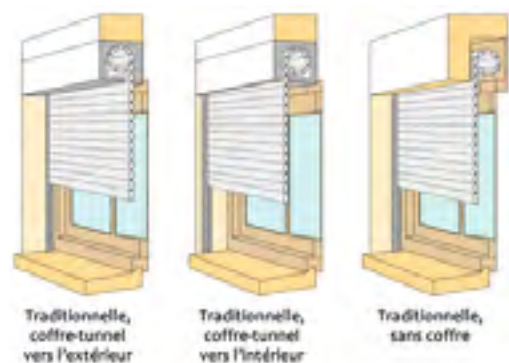
Si la protection solaire, une fois le volet baissé, est efficace, elle ne permet pas de profiter d'apports de lumière naturelle en journée, ni n'autorise une ventilation naturelle et une gestion de l'effraction ou de l'intimité en soirée. La stratégie préalablement décrite est donc compromise.



En applique, contre la façade

Sous linteau, coffre vers l'extérieur

Sous linteau, coffre vers l'intérieur



Traditionnelle, coffre-tunnel vers l'extérieur

Traditionnelle, coffre-tunnel vers l'intérieur

Traditionnelle, sans coffre

Le mode de pose est également prépondérant :

- En rénovation :
 - En applique façade : impact architectural plus important, prise au vent plus forte, sauf en cas d'intégration dans l'épaisseur d'une ITE.
 - Sous linteau : clair de jour réduit, diminution de l'éclairage naturel
- En neuf, pose en tunnel souvent privilégiée mais coffre obligatoirement bien isolé à sélectionner ($U_c < 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Un point d'attention devra être porté sur l'étanchéité à l'air au niveau des traversées vers l'intérieur (câble ou, plus délicat à traiter, manivelle si volet roulant manuel) ou du coffre en lui-même si posé en tunnel.



Détail intérieur du coffre

Différents types de pose de volets roulants

D'un point de vue thermique les volets roulants sont caractérisés par 3 valeurs :

- Le coefficient de transmission thermique du coffre seul U_c qui s'exprime en $W/m^2 \cdot K$. Plus cette valeur est faible plus le coffre de volet sera isolant.
- Le coefficient de transmission thermique du coffre dans l'ensemble de la paroi U_p qui s'exprime aussi en $W/m^2 \cdot K$.
- La perméabilité à l'air qui s'étend de la classe C1 à C4 (la plus performante).



VR à lames dites « bioclimatiques » en aluminium © Geplast

Si ces modèles ont le mérite d'améliorer la situation initiale lorsque les volets roulants sont fermés, la porosité globale entre lames semble trop faible pour une réelle ventilation ou un réel apport en lumière naturelle. Leur appellation « bioclimatique » est ici à notre sens usurpée (voir tableau p.13).



Volet Roulant lames relevables. © Bubendorff

Dans leur fonctionnement, ceux-ci s'apparentent davantage à des brise-soleil orientables et offrent une solution acceptable en termes de ventilation et d'accès à la lumière naturelle. Ils ne permettent en revanche qu'une vue très restreinte vers l'extérieur en position baissée lames relevées.

► **Exemple de bonne pratique dans le logement:**

le volet roulant peut être placé au niveau de la loggia plutôt que sur la partie vitrée en fond de loggia si la résistance au vent le permet. Cela autorise une protection solaire d'avantage réglable tout en laissant passer, un peu, d'air et de lumière s'il n'est pas baissé totalement.

VOLETS ROULANTS AVEC PROJECTION

Le volet roulant à projection représente un bon compromis entre le coût, la facilité d'installation (car la technique est connue des artisans) et les performances en ventilation naturelle et éclairage naturel.



Volets roulants à projection partielle © Represtor

Bien connu il y a plus de 50 ans, cette solution est peu à peu tombée dans l'oubli, avant de réapparaître récemment sous l'impulsion de quelques fabricants.

La projection du volet peut se faire sur toute la hauteur de la menuiserie ou sur une partie de celle-ci.



Volets roulants à projection intégrale © Franciaflex

Ils existent pour les dimensions maximales suivantes :

- Hauteur 2 200 mm
- Largeur 2 400 mm
- Un angle d'ouverture, réglable, de 45°

Il est à noter que lorsque le caisson bascule lui aussi, permettant au VR d'être actionné quel que soit le niveau de basculement, il laisse passer un peu de lumière en partie haute et n'est pas occultant à 100 %.

Le claquement au bruit, défaut souvent cité sur les modèles des années 60/70 a ici disparu par l'emploi de verins qui viennent plaquer le tableau de volet sur ses supports.

Pour ce qui est de la classe de résistance au vent :

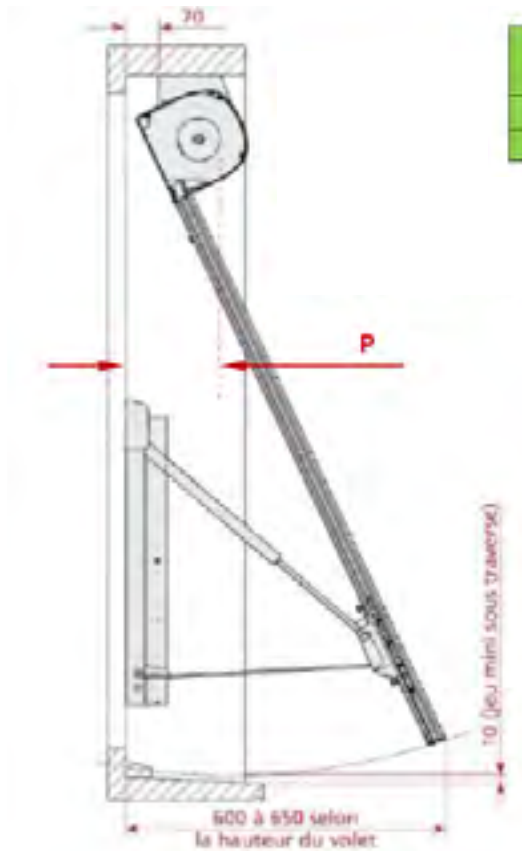
- De Classe 6 jusqu'à une largeur de 1 650 mm.
- À Classe 3 pour des largeurs de 2 300 à 2 400 mm.



Vue intérieure d'un volet à projection © Franciaflex



Vue de profil d'un volet à projection © Franciaflex



Caisson	Profondeur P tableau MINI
137	165
150 et 165	175

Profondeur minimale P
du tableau pour éviter
son éclatement lors de la
fixation du support de l'axe

Schéma en coupe de montage © Franciaflex

BRISE-SOLEIL ORIENTABLES (BSO)

Les brise-soleil orientables permettent un ensoleillement maximal, tout en protégeant de la chaleur l'été et en optimisant les apports en hiver. Il en existe deux familles : les brise-soleil relevables et les non relevables.



Les BSO permettent de s'adapter aux besoins des occupants et aux conditions d'ensoleillement © EnvirobatBDM

Les brise-soleil ont différents types de lames qui vont avoir des objectifs divers :

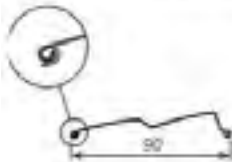
- Lames ourlées ou galbées : elles permettent d'avoir une meilleure visibilité vers l'extérieur.

Lame de 80 mm galbée avec bords ourlés



- Lames occultantes : elles garantissent une réduction de l'incidence de lumière et une bonne résistance au vent.

Lame de 90 mm en Z avec joint antibruit et aigüles inox serties dans l'ouïlet



- Lames plates : leur design en filigrane les rend particulièrement adaptées aux petites fenêtres. Elles offrent une très bonne visibilité vers l'extérieur et sont peu encombrantes grâce à la faible hauteur du caisson.

Lors du choix des protections solaires il est important de prendre en compte leur efficacité contre l'éblouissement, leur capacité à obscurcir la pièce et leur résistance au vent. Le choix se fera en fonction de la situation du bâtiment mais aussi de l'usage de la pièce (chambre, bureau, séjour, etc.).

Cependant ce type de protection est plus difficilement applicable dans le cas de rénovation de logement. En effet, les BSO entraînent une hauteur de coffre plus importante que pour un volet roulant et la surface de vitrage sera diminuée (à associer à de l'ITE). Dans le cas de BSO non relevable l'apport en lumière naturelle risque de ne pas être suffisamment important notamment en hiver et les consommations de chauffage et d'éclairage risquent de s'en trouver augmentées.

Afin de pouvoir s'adapter à chaque projet différents types de pose sont possibles :

- **Système en niche**

Le produit est complètement masqué dans une réservation prévue à cet effet. Il peut être intégré dans l'isolation extérieure. Très esthétique, aucun revêtement supplémentaire n'est requis.



- **Système sous linteau avec lambrequin**

Le mécanisme est masqué.
Facilement accessible pour l'entretien.
Une solution idéale là où il y a une contrainte d'espace.



- **Système en saillie avec box**

Finition esthétique.
Un élément décoratif en façade.



- **Guidage par coulisses**

Rigidité et tenue renforcées.
Coulisses intégrées pour encore plus d'esthétisme



- **Guidage par câbles**

Discret et esthétique.
Pas de résistance au vent



VOLETS BATTANTS (TOUS TYPES)

Les volets battants se sont imposés comme une référence durant la deuxième moitié du XVII^e siècle. Depuis, une large gamme adaptée à chaque climat et chaque budget est apparue.



Résidence Banon - Marseille 4^{em}
© Carta Reichen & Robert associés

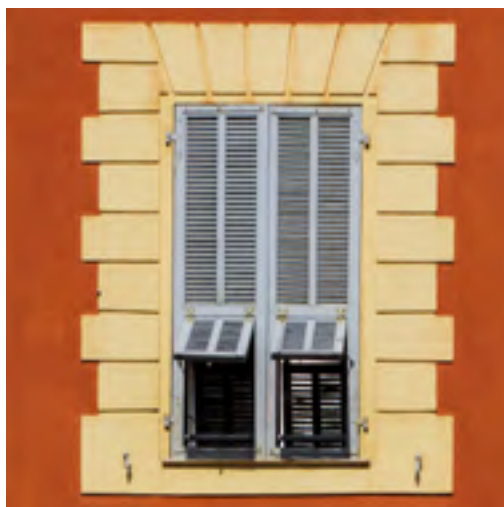
Les volets battants pleins vont être plus adaptés aux climats froids, apportant une meilleure isolation thermique. Ils permettent aussi de garantir la sécurité des menuiseries et occultent complètement les pièces.

En revanche, les volets battants persiennés seront plus adaptés au climat chaud, permettant de garantir une ventilation naturelle nocturne durant l'été.

Différents types de volets battants persiennés sont apparus sur le marché en fonction des régions et des besoins esthétiques :

- **Les volets persiennes dit « à la marseillaise »** comportent des persiennes fixes sur la totalité du volet ou sur la partie supérieure. À l'origine ces volets étaient en bois et les vantaux ont une épaisseur de 32 mm.

- **Les volets dit « niçois » ou « génois »** possèdent des vantaux fixes sur la partie supérieure et une partie mobile sur la partie inférieure. Ils permettent de « passer une tête » par la fenêtre volet fermé et autorisent une ventilation naturelle légèrement meilleure.



Volets niçois © afbat.com

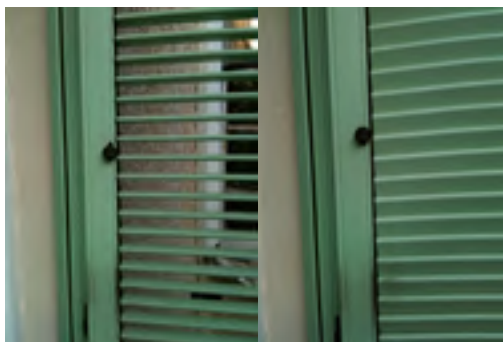
- **Les volets battants à lames orientables**

sont équipés de lames persiennes qui s'orientent manuellement pour ouvrir ou au contraire fermer complètement les volets. Ils permettent de filtrer la lumière de l'extérieur quand les lames sont orientées ouvertes et occulter totalement la lumière quand ces dernières sont totalement fermées.

Les volets battants offrent une très bonne protection solaire. Ils permettent en outre une bonne ventilation naturelle et un bon apport de lumière naturelle, pour les modèles persiennés, mais aussi pour les modèles pleins en croisant les volets.

Il est à ce titre indispensable d'intégrer une crémaillère et/ou un bloque volet permettant de régler et bloquer le degré d'ouverture.

Pour les projets avec une isolation thermique par l'extérieur et un retour d'isolant sur les tableaux de menuiseries, ce sujet devra être anticipé pour limiter le pont thermique induit et s'assurer de la tenue dans le temps de cette fixation.



Volets battants à lame © Technic Habitat Marseille



Façade - Projet République © Roland Carta



Immeuble - Projet République. © Roland Carta

VOLETS ACCORDÉON ET PAPILLON

Les volets accordéon et papillon permettent de garder une bonne protection solaire. Lorsqu'ils sont ouverts ils servent de brise-soleil fixe. Une fois fermés ils servent d'occultation pouvant laisser passer la ventilation naturelle.

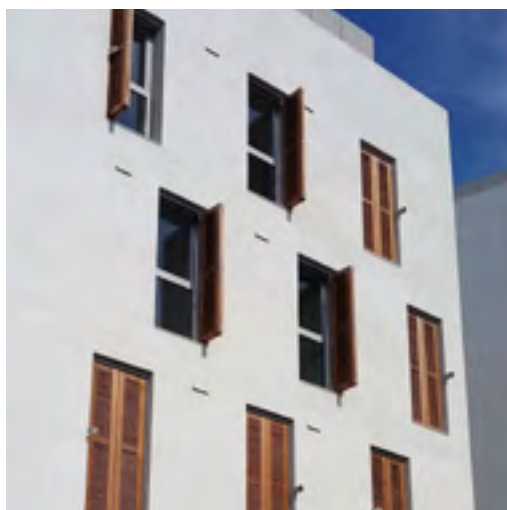


*Volets coulissants accordéon, la City Marseille CARTA
© Carta Reichen & Robert associés*

Les volets pliants, qu'ils soient en accordéon ou papillon, permettent de garantir une bonne protection solaire dans de nombreux cas.

Fermés, ils se comportent exactement comme des volets battants, persiennés ou non. Lorsqu'ils sont **ouverts** ils peuvent servir de brise-soleil fixe.

Horizontaux, ils forment une casquette, si le volet se replie vers le haut. **Verticaux**, ils sont très utiles pour les orientations nord-est ou nord-ouest par exemple, si le volet se replie sur un côté.



*Résidence Banon - Marseille 4^{em}
© Carta Reichen & Robert associés*

Pour ce type de volet, il est essentiel d'accorder une attention particulière aux éléments de quincaillerie. Ceux-ci joueront un rôle central dans la durabilité de ces éléments en mouvement :

- Il faut être attentif à la solidité des vérins pour les volets horizontaux mais aussi et surtout à leur accessibilité pour la maintenance et leur remplacement.
- Les arrêts, crémones de blocage, etc. pour les volets verticaux doivent être vérifiés afin d'éviter tout battement au vent, toute dégradation de la façade ou toute manipulation fastidieuse.



Volets pliants papillons ouverts vers le haut qui forment une casquette, vigie de détection des feux - Forêt de Figuerolles à Martigues (13) © oh!som architectes

PROTECTIONS SOLAIRES FIXES

Il existe une multitude de protections fixes (casquette, à lames perforées, résilles, moucharabiers, etc.) et les solutions décrites ci-dessous ne sont qu'un échantillon des nombreuses possibilités. Ces protections solaires ont l'avantage d'être résistantes et de ne pas dépendre de l'utilisateur pour être efficaces.



Mucem : résille en béton, faisant office de protection solaire.
© Architectes Rudy Ricciotti et Roland Carta / Mucem /
Photos : Lisa Ricciotti

Dans le cas du projet TPR1 Luminy (BBSE, SCAU), des brise-soleil verticaux en aluminium ont été mis en place sur toutes les façades du bâtiment (façades principales orientées est et ouest). L'espacement des brise-soleil a été défini grâce à des simulations thermiques dynamiques.



Brise-soleil verticaux - Luminy TPR1
SCAU Architecture © Inddigo

Pour le Mucem de Marseille, la résille est réalisée en béton fibré. Le bâtiment ainsi que les coursives extérieures sont protégés du soleil par 400 panneaux de 18 m² sur les façades sud-ouest et sud-est.

Les espaces extérieurs peuvent également bénéficier utilement d'une protection solaire fixe.



Mucem : résille en béton, faisant office de protection solaire sur les façades sud-ouest. © Architectes : Rudy Ricciotti et Roland Carta / Mucem / Photos : Lisa Ricciotti



L'ombrière du Vieux-Port - Michel Desvigne (paysagiste mandataire), Foster & Partners, Tangram Architectes, Ingérop (bureau d'études) et Yann Kersalé (plasticien lumière).

L'ombrière du Vieux-Port de Marseille est une protection solaire horizontale mesurant 6 mètres de hauteur, 22 mètres de largeur et 48 mètres de longueur. Elle est réalisée en panneaux d'inox poli et jointés avec de la mousse rigide. Sa grande hauteur permet d'apporter de l'ombre sur la grande place du vieux port tout en bénéficiant de la brise marine apportée entre le Vieux-Port et l'avenue de la Canebière.

Dans les exemples ci-dessus nous pouvons constater qu'il existe autant de protections solaires fixes que de projets pour des espaces extérieurs ou intérieurs. Ces protections solaires peuvent être de simples brise-soleil vendus dans le commerce (bois, alu...), ou des protections solaires réalisées sur mesure avec des matériaux innovants.



*Protection solaire fixe d'une terrasse extérieure
© hoommy.com*

PROTECTION SOLAIRE VÉGÉTALE

La prise en compte de la végétation dès la phase conception est judicieuse du point de vue du confort thermique. Elle permet une protection solaire adaptable en été et en hiver avec des arbres à feuilles caduques. Le facteur d'ombrage est alors saisonnier et évolue en adéquation avec les besoins d'ensoleillement du bâtiment.



Ombrage procuré par une végétation proche des bâtiments
© EnvirobatBDM

En outre, les arbres ont un rôle essentiel dans la protection contre les vents dominants. Dans une certaine mesure, l'évapotranspiration des feuilles participe au rafraîchissement de l'air et favorise le confort à l'échelle de l'îlot urbain.

Conserver des arbres existants permet de profiter de leur rôle de protection solaire tout de suite, sans avoir à attendre la croissance d'une nouvelle végétation neuve.

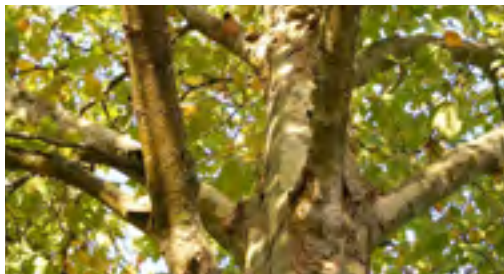
► Il sera primordial de pouvoir travailler avec un-e paysagiste pour la définition de ces solutions dès la phase ESQ et d'être vigilant sur :

- La quantité de terre/substrat disponible et la faisabilité réelle des végétaux apparaissant sur les perspectives (par exemple : cas classique des arbres à haute tige de 6 m au 15^{ème} étage sur une terrasse sans fosse...).
- Les conditions d'entretien des plantes (arrosage, taille, feuilles mortes, etc.).
- La validation du BE structure pour la prise en compte des fosses et bacs plantés en étage ou sur le dimensionnement de la structure support des plantes grimpantes.
- Les structures devront aussi être adaptées aux plantes choisies. Par exemple dans le cas de glycines, les structures des pergolas devront être très résistantes afin de ne pas céder lors de la croissance.
- La hauteur des végétaux au moment de leur plantation et leur vitesse de croissance (et donc éventuellement des solutions d'ombrage temporaires durant les premières années du projet).
- Le type et la qualité de l'arrosage (automatique ou non) ainsi que la garantie reprise des végétaux (périmètre et durée).
- Bien sûr, le report de tous ces détails et contraintes dans les pièces écrites du marché.

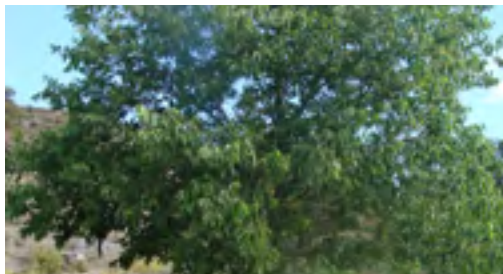
Afin d'assurer la pérennité des plantations, il sera nécessaire de choisir des espèces végétales adaptées au climat et à l'exposition du bâtiment : des arbres à hautes tiges, des plantes grimpantes, etc. Les solutions sont infinies.

EXEMPLES DE PLANTES À FEUILLAGE CADUQUE.

Arbres ornementaux



Platane (*Platanus* sp.) © Pixabay



Micocoulier (*Celtis australis*) © Wikipedia



Albizia (*Albizia julibrissin*) © Wikipedia
Hauteur max: 15 m



Bauhinia variegata © Wikipedia
Hauteur max: 12 m

Arbres fruitiers



Figuier (*Ficus carica*) © YarnSeasons - Pixabay
Hauteur max: 5 m



Prunier (*Prunus* sp.) © Wikipedia
Hauteur max: 6 - 7 m

Plantes grimpantes



Bougainvilliers (*Bougainvillea* sp.) © Pixabay
Hauteur max: 6 m



Jasmin (*Jasminum officinale*) © publicdomainpictures.net
Hauteur max: 6 - 7 m

STORES TOILES EXTÉRIEURES

Les stores tissus extérieurs peuvent être une solution de protection solaire satisfaisante qui combine un blocage important du rayonnement solaire direct tout en préservant l'accès à la lumière naturelle.



Stores toiles extérieurs à Cogolin © SOWATT

Les stores «bannes» ou stores à projection

sont peu plébiscités en zone méditerranéenne pour leur faible résistance au vent. Ils peuvent toutefois être pertinents pour des zones ou des façades de moindre exposition (Alpes-Maritimes, fond de loggia) et systématiquement couplés à une protection contre le vent (par anémomètre ou par vibration). Ils présentent l'avantage d'offrir une très bonne protection solaire lorsqu'ils sont dépliés pleinement avec un angle et une longueur réglable laissée à l'appréciation des usagers.



Stores «bannes» © EnvirobotBDM

Pour **les stores toiles verticaux**, on distingue deux principaux types de coulisses latérales :

- Les stores par câble: ils sont à éviter en climat méditerranéen. Ceux-ci risquent de s'arracher durant les périodes de fort vent.
- Les stores zip: Ils sont plus adaptés au climat méditerranéen et peuvent convenir dans des zones où une résistance au vent importante est exigée.

Il est primordial, lors de phases de conception, d'utiliser pour les calculs d'éclairage ou STD les valeurs réelles pour les coefficients T_e (coefficient de transmission solaire), Re (coefficient de réflexion solaire) et T_v (coefficient de transmission lumineuse). Celles-ci sont extrêmement dépendantes de la couleur des toiles et peuvent varier de manière très importante d'une toile à une autre. Il est donc nécessaire d'échanger avec les architectes à ce sujet. Ces valeurs devront également être reportées précisément dans les pièces écrites et faire l'objet d'un contrôle spécifique en phase EXE.

Facteur solaire résultant de toiles et vitrages

Dessin	Tablier			Verre + tablier g-total ^e	Verre + tablier g-total ⁱ
	T_e	Re	T_v		
93-3002	0,16	0,51	0,13	0,14	0,40
93-3003	0,14	0,48	0,11	0,13	0,41
93-3011	0,12	0,43	0,10	0,12	0,43
93-3043	0,06	0,13	0,06	0,11	0,53

T_e = Coefficient de transmission solaire / Re = Coefficient de réflexion solaire / T_v = Coefficient de transition lumineuse
 $g\text{-total}^e$ = Coefficient global de transmission d'énergie pour une protection solaire extérieur « fermée » avec vitrage
 $g\text{-total}^i$ = Coefficient global de transmission d'énergie pour une protection solaire intérieur « fermée » avec vitrage
 Calcul selon SN EN 13363-1-A1, vitrage de référence C selon EN 14501 / $g = 0,59$, $U = 1,20$ [W/m²]

Source: Stores Griesser avec toiles Ferrari

STORES TOILES INTÉRIEURES

Les stores intérieurs de type rideau ou voilage sont de très bons compléments aux protections solaires extérieures afin de gérer les problèmes d'éblouissement.



Poste Colbert, Roland Carta & Stéphane Baumeige © Inddigo

Ils ne permettent, pas à eux seuls, d'assurer le confort thermique des occupants, en grande partie car, une fois l'énergie solaire « entrée » dans l'enveloppe isolée, la température de la pièce va augmenter, y compris si cette énergie n'irradie pas directement le sol et le mobilier.

Pour garantir le confort par des protections intérieures, il faut choisir des stores dits « thermiques » aux propriétés permettant d'améliorer la protection solaire. Afin d'orienter le choix il est important de réaliser une prescription en marquant les performances du store souhaité.

Les coloris étant limités, il est important de prévenir l'ensemble de la maîtrise d'œuvre.

coloris



gris
88-2061E



gris
99-2061E

Seules couleurs disponibles pour la toile Ferrari Soltis LowE

Propriétés solaires et lumière (selon EN 14501)

	TS Coefficient de transmission solaire	RS Coefficient de réflexion solaire	AS Absorption solaire	TV n-h	EN13363-1* Vitrage C 6 g_{tot}^i	EN13363-2* Vitrage D g_{tot}^i	Émissivité
--	---	--	--------------------------	-----------	--	--	------------

Soltis Feel 88 LowE

88-2061E A	13	68	19	12	0,35	0,12	0,45
88-2061E B	13	68	19	12	0,35	0,11	0,90

Soltis Feel 99 LowE

99-2061E A	8	71	21	7	0,34	0,10	0,35
99-2061E B	8	70	22	7	0,34	0,11	0,90

Privilégier des toiles avec des coefficients de transmission solaire inférieurs à 10%
Extrait documentation technique toile ferrari Soltis Feel 88 et 99 LowE

PROTECTIONS SOLAIRES ADAPTATIVES : VITRAGES À CONTRÔLE SOLAIRE, ÉLECTROCHROME, ETC.

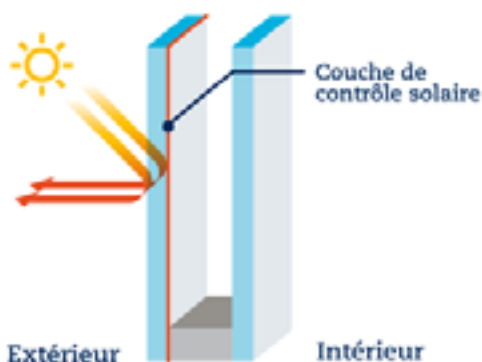
La protection solaire peut également être apportée, du moins en partie, par des films ou en modifiant les propriétés internes des vitrages.



Journal Sud Ouest, Bordeaux © Architectes : Luc Arsène-Henry Jr et Alain Triaud - Photo : Patrick Loubet

Les vitrages à contrôle solaire

Il s'agit d'un double vitrage dont le vitrage extérieur est doté sur sa face interne d'une fine pellicule de métaux nobles. Ce vitrage aide à limiter le facteur global du vitrage et donc l'élévation de la température en été. Cependant ce vitrage diminue également l'apport en lumière naturelle.



Les vitrages à contrôle solaire. © Fécamp Services

Cela ne peut être considéré comme une protection solaire à proprement parler mais plutôt un complément utile à d'autres stratégies de protection solaire ou une solution pour des vitrages très peu exposés et/ou des locaux pour lesquels le risque de surchauffe est extrêmement limité.

Attention également au caractère souvent réfléchissant et donc impactant pour l'architecture, ainsi qu'à la diminution des apports solaires en hiver.

Les vitrages dits respirants qui intègrent en leur sein une protection solaire

Cette solution peut être intéressante car elle offre une protection qui ressemble à une protection solaire extérieure (même si ce n'est pas totalement le cas car la lame d'air extérieure dans laquelle est comprise la protection peut s'échauffer fortement). Le 3^e vitrage permet d'atteindre des performances thermiques et acoustiques intéressantes.

Ils existent en version motorisée ou manuelle à molette (un peu sur le modèle des cloisons vitrées des bâtiments de bureau). Attention, dans la version manuelle, les lames du store intérieure sont orientables mais non relevables.



Les vitrages dits respirants © Wicona

Les vitrages dits « adaptatifs » qui modifient leur teinte en fonction de la température ou de l'ensoleillement

Il existe deux types de vitrage adaptatif :

- Les vitrages dit électrochromes qui s'opacifient en fonction du courant électrique qui les traverse.
- Les vitrages thermochromiques qui changent de couleur automatiquement en fonction de la température.

Vitrages électrochromes (consommation électrique)

Ces vitrages entraînent une consommation électrique non négligeable. Le pic de puissance se produit au moment où la vitre commence à se teinter et il diminue à mesure que le vitrage s'obscurcit, pour atteindre son minimum lorsque le vitrage est entièrement teinté ou dans un état intermédiaire.

Le tableau indique la puissance moyenne et la puissance de maintien requises par unité de surface pour faire fonctionner les vitrages et intègre les pertes de l'électronique du système de commande et de l'alimentation.



Les vitrages électrochromes. © Kamel Khalfi



Les vitrages dits adaptatifs © Vitrum Glass

Exemple puissance consommée

	Puissance par unité de surface Watts/m ²
Moyenne	2,5
Maintien	0,3

Source SageGlass / St-Gobain

Variations du facteur solaire et du facteur de transmission lumineuse du vitrage

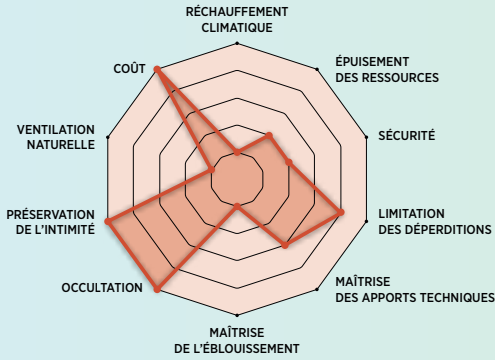
- Position 1: 60 % TLg - 0,38 g
- Position 2: 18 % TLg - 0,12 g
- Position 3: 6 % TLg - 0,07 g
- Position 4: 1 % TLg - 0,04 g

Vitrages thermo-chromiques

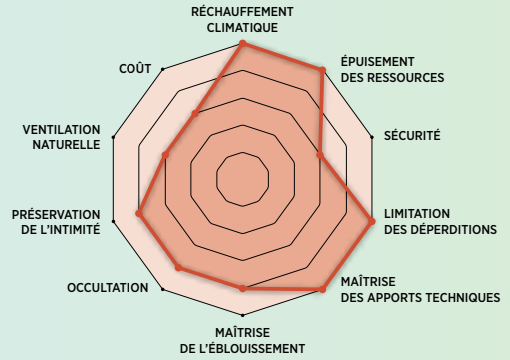
Ces vitrages nous semblent particulièrement inadaptés en climat méditerranéen car leur comportement pourrait entraîner une limitation trop forte de la valorisation des apports solaires passifs en hiver et un impact trop important sur le confort lumineux et l'accès à la lumière naturelle.

En effet, lors de journées typiques hivernales en Provence : 12°C extérieur à l'ombre et à l'abri du vent, fort mistral, vrai besoin de chauffage, journée très claire mais aisément 25°C au soleil si vitrage bien orienté, le vitrage va s'obscurcir exagérément.

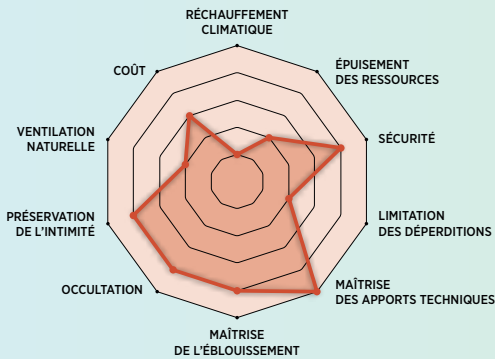
VOLETS ROULANTS PVC



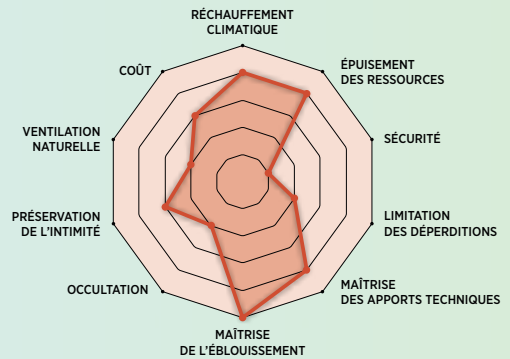
VOLETS BATTANTS BOIS PERSIENNÉS



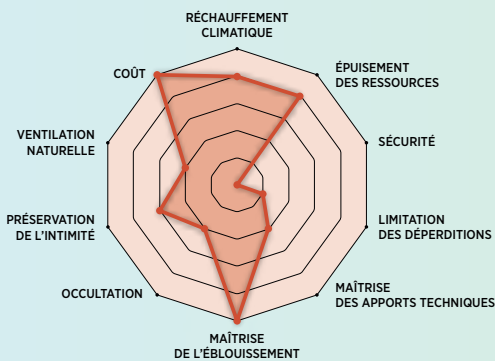
BRISES SOLEIL ORIENTABLES ALU



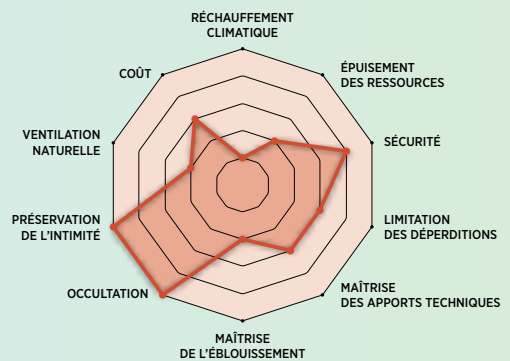
STORES TOILES EXTÉRIEURES



STORES TOILES INTÉRIEURES



VOLETS COULISSANTS ALU



Source : Inddigo

COMPARATIF MULTICRITÈRE DES SOLUTIONS

Les « radars » ci-après permettent de comparer rapidement les différentes solutions les plus courantes vues précédemment. Ces comparaisons ne se veulent pas exhaustives. Certains sujets, par exemple le coût, sont extrêmement volatiles et peuvent être amenés à évoluer dans le temps.

Pour le comparatif environnemental, nous nous sommes limités ici à deux critères : réchauffement climatique (kg CO₂ eq) et épuisement des ressources (kg Sb eq.) dont les valeurs ont été issues des FDES de données environnementales par défaut.

Plus le cercle est large, plus la solution est favorable : par exemple pour le coût, la note de 5 représente un coût bien plus faible qu'une solution obtenant la note de 2.



Luminy, brise-soleil verticaux © Véronique Paul

RETOUR D'EXPERIENCE DE QUELQUES CAS TYPES

Nous souhaitons ici, par l'exposition de cas concrets détaillés, mettre en lumière la diversité d'approches et de solutions permettant de réaliser une protection solaire efficace.

GROUPE SCOLAIRE JEAN MOULIN À MIRAMAS

Réhabilitation
Bâtiment enseignement
Marché loi MOP
Surface 700 m²
Années 2017 - 2019

MAÎTRISE D'OUVRAGE Ville de Miramas

ÉQUIPE DE MAÎTRISE D'ŒUVRE

MIX Architecture (architecte mandataire)

SASUS CERCO (BET Structure VRD OPC)

INDDIGO (fluides, électricité, SSI, QEB)

139 Paysages (paysagiste)



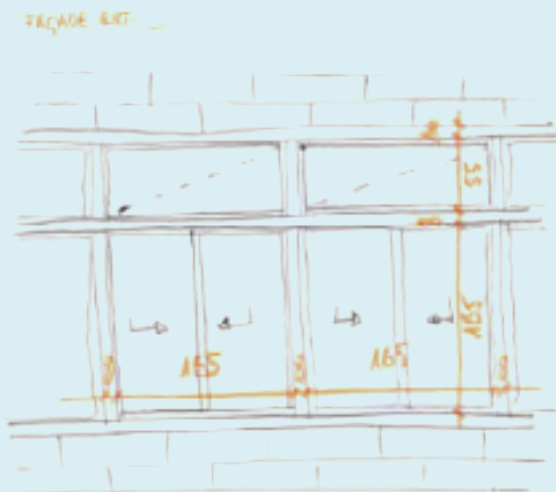
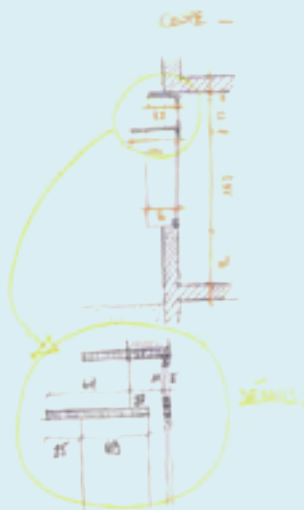
Cour d'école avant réhabilitation © Inddigo



Vue aérienne © Google Maps

Situation initiale

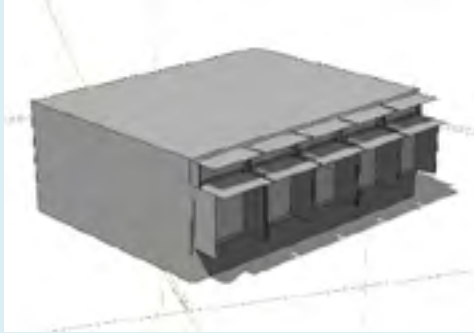
Des protections solaires béton existantes très efficaces mais de l'inconfort constaté en période chaude, en particulier fin septembre, lorsque le soleil est plus bas dans le ciel.



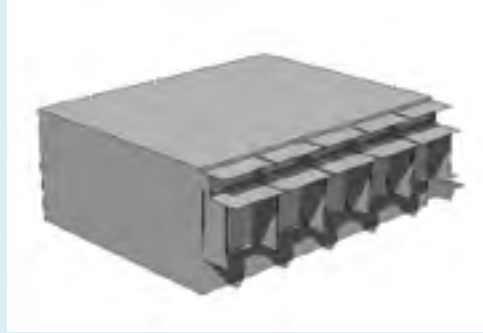
Coupe et façade existantes

Lors de la phase DIAG, une première analyse des protections existantes a été réalisée à l'aide du logiciel Ecotect (ci-dessous).

Aile Est - 14h

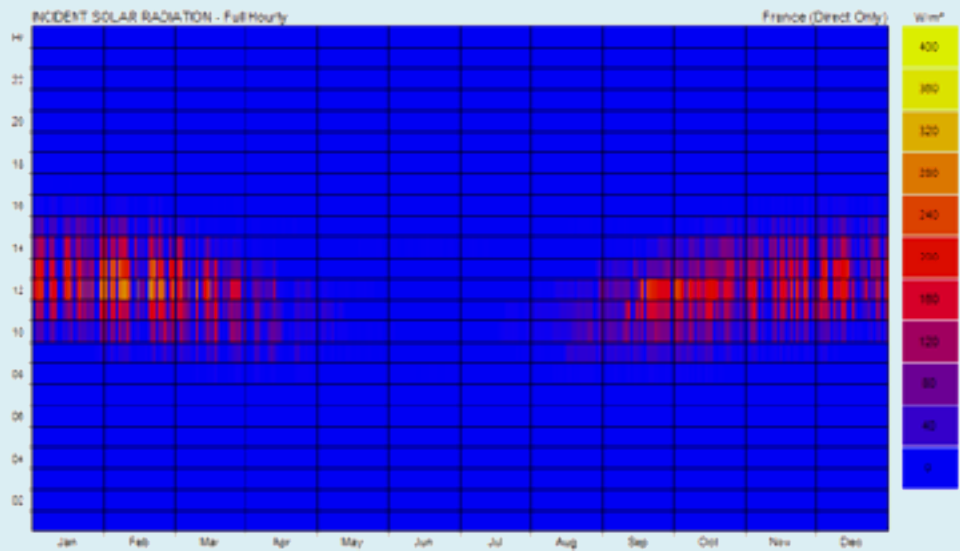


1^{er} juin



15 septembre

Le graphique ci-dessous représente les périodes d'ensoleillement direct sur les menuiseries des salles de classe de cette aile Est avec, de gauche à droite, les 12 mois de l'année et, de bas en haut, les heures de la journée.



Les zones bleues représentent les instants « ombragés », sans ensoleillement direct.

Les zones rouges à jaune représentent les instants durant lesquels le vitrage reçoit une part du rayonnement solaire (en W/m^2 selon l'échelle à droite).

Cette analyse démontre :

- une très bonne efficacité des protections solaires existantes sur cette orientation est (aile Est) avec une efficacité de 95% sur les mois de juin à septembre,
- un ensoleillement toutefois important entre les mois de septembre et d'octobre entre 10h et midi principalement, engendrant un réel besoin de protection solaire complémentaire amovible pour limiter les surchauffes et se prémunir des phénomènes d'éblouissement.

Cette première analyse a ensuite été complétée en APS avec des calculs d'éclairage naturel et des simulations thermiques dynamiques afin de valider la nécessité de brise-soleil orientables complémentaires et leur impact, en particulier sur l'éclairage naturel, ceux-ci venant partiellement masquer l'imposte vitrée lorsque relevés.

Énergie solaire directe mensuelle disponible sur le vitrage et part de blocage liée à la protection solaire

Total monthly solar exposure Miramas, France (direct only)		
	Avail.	AVG
MONTH	Wh/m ²	SHADE
Jun	132 917	100 %
Jul	127 851	100 %
Aug	115 139	96 %
Sep	83 484	94 %
Moyenne		95 %

Les objectifs en éclairage naturel étaient :

- FLJ > 0,7% sur 80% de la surface de la pièce correspondant au niveau très performant de la certification HQE en réhabilitation
- Autonomie en éclairage naturel à 300 lux de 60% a minima (part du temps d'occupation durant lequel il est possible de se passer complètement d'éclairage artificiel).

L'objectif pour le confort d'été était un nombre d'heures dites « d'inconfort », supérieures à 28°C, inférieur à 50 h correspondant au niveau OR de la démarche BDM.

Confort d'été

Situation actuelle de la classe sans BSO ni gestion optimisée de la ventilation

Les simulations traduisent ici la situation actuelle vécue par les enseignants de cette salle :

- Pas de protection solaire extérieure mobile de type BSO.
- Une ventilation par ouverture des fenêtres durant la journée uniquement.

Classe avec BSO sans gestion optimisée de la ventilation

La mise en œuvre de brise-soleil orientables diminue considérablement la température opérative lors des périodes chaudes, en particulier en septembre où les protections solaires fixes existantes sont les moins efficaces.

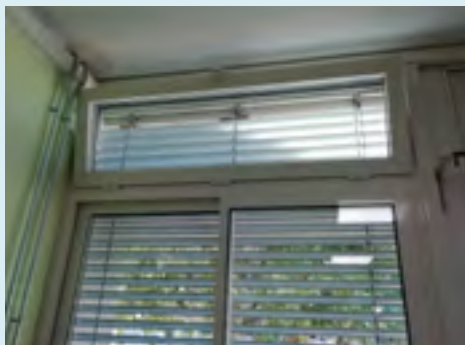
Toutefois, avec une température opérative intérieure d'au moins 28°C plus de 115 h par an, les performances du bâtiment sur ce plan restent éloignées de l'objectif de moins de 50 h/an.

Classe avec BSO et gestion optimisée de la ventilation

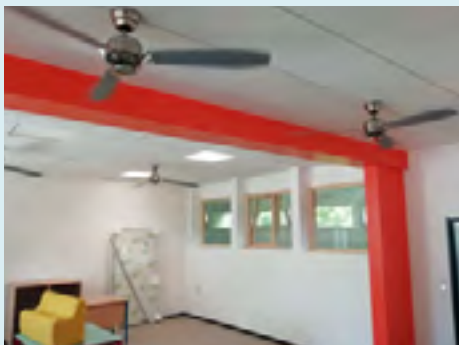
Cette simulation s'appuie sur la mise en place, en plus de brise-soleil orientables, de menuiseries avec impostes à soufflet et moustiquaire dans les salles de classe et dans les couloirs, permettant une surventilation nocturne.

Ce cas représente notre projet AVP.

La mise en œuvre de brise-soleil et de menuiseries permettant une surventilation nocturne simple offre à cette salle existante, sans isolation des murs ou remplacement de la majorité des menuiseries double vitrage PVC la possibilité d'atteindre le pré-requis du niveau OR de la démarche BDM concernant le confort estival.



Impostes permettant de ventiler la nuit © Inddigo



Dispositifs complémentaires permettant d'assurer le confort dans les salles de classe (brasseurs d'air plafonniers, second jour sur circulation) © Inddigo

ASPECTS POSITIFS

- Protection solaire très utile et utilisée.
- On sent une vraie différence par rapport à la période avant travaux» (NB: malgré la présence de brise-soleil fixes verticaux et horizontaux en béton).
- Bonne durabilité - aucun soucis à signaler (NB: confirmation également des services de la ville - BSO uniquement sur façades sud-est à sud-ouest et en retrait par rapport au protections fixes béton).
- Très intéressant de disposer d'une commande centrale à l'entrée de la salle.

**ASPECTS NÉGATIFS**

- RAS

RÉSIDENCE JAS DE BOUFFAN À AIX-EN-PROVENCE

Projet de réhabilitation
733 logements
Année: 2014 - 2019

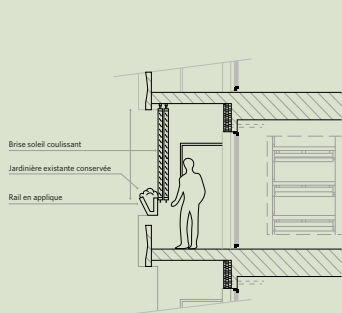
MOA Famille & Provence
AMO QEB Domene SCOP
AMO SOCIOLOGIE DE L'ÉNERGIE
CPIE Pays d'Aix
DIAGNOSTIC Robert Célaire Consultants
& Jérôme Solari Associés
ÉQUIPE TRAVAUX
Bouygues Construction Sud Est - Mandataire
Baldassari Sibourg - Architectes
TPFi - BET TCE
GERES - Sociologie de l'énergie



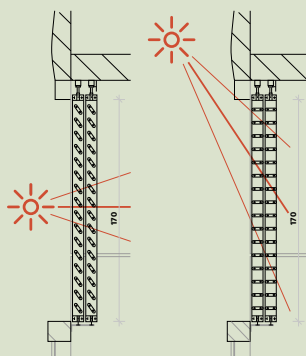
© Bouygues Bâtiment Sud Est

La protection solaire des logements a été grandement améliorée dans le cadre du projet :

- sur les loggias, qui ne disposaient d'aucune protection solaire. Elles ont été équipées de panneaux persiennés coulissants et fixes (en nombre adaptés en fonction du niveau et de la gestion du vis-à-vis notamment) ;
- sur les baies extérieures, par des volets pliants à projection, en remplacement des volets pliants existants.



Détail balcon type 3 - Éch. 1/50°



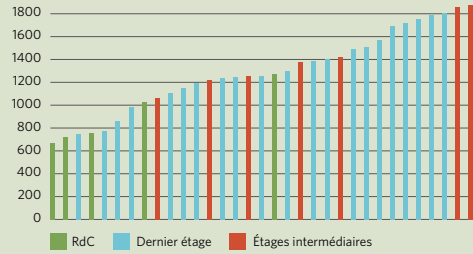
Orientation des lames
Échelle 1/20°
<< À 45° à l'est et à l'ouest
< Horizontales au sud



Les brise-soleil au RDC couvrent l'intégralité :
perte de lumière naturelle en hiver mais forte
protection complémentaire en été, très appréciée.

Quantification du confort estival sur la base de la température sèche mesurée

Nb d'heures > 28° C sur l'été 2019



Non comparable à l'objectif BDM (évalué par STD) :
- Température de l'air mesurée et non température opérative,
- Nombre d'heures évalué indépendamment du temps d'occupation.

© DOMENE scop

Sans surprise, le dernier niveau et l'orientation ouest concentrent le plus de plaintes concernant le confort d'été. Celles-ci sont tout de même largement minoritaires.

Derniers étages
1 paroi fixe
(pour vis à vis chambre / loggia)
1 paroi coulissante

Étages intermédiaires
1 paroi fixe
(pour vis à vis chambre / loggia)
1 paroi coulissante

Rez-de-chaussée
2 fixes, 2 coulissantes
verrouillables



Principe cas particulier

Principe de base

Derniers étages
2 parois coulissantes

Étages intermédiaires
1 paroi coulissante

Rez-de-chaussée
2 fixes et 2 coulissantes
verrouillables

© Baldassari

REX USAGERS

Résidence Jas de Bouffan - Aix-en-Provence

ASPECTS POSITIFS

+

- Diminution très nette des températures et amélioration du confort grâce aux protections solaires (alors que les menuiseries extérieures n'ont pas été changées).
- Des volets à projection bien utilisés et très appréciés.
- Les volets des portes-fenêtres remplissent bien leur fonction.

ASPECTS NÉGATIFS

-

- Faible utilisation de la mobilité des brise-soleil coulissants.
- Nombre de coulissants un peu faible sur les étages intermédiaires qui nécessiteraient d'être déplacés tout au long de la journée pour suivre la course du soleil.

LUMINY BÂTIMENTS TPR1 / TPR2

**Réhabilitation
Enseignement et laboratoires**

CONCEPTION RÉALISATION

MOA Aix Marseille Université

GROUPEMENT DE CONCEPTION / RÉALISATION

Bouygues Construction Sud Est - Mandataire

SCAU & Remy Marciano architectes

WSP - BET TCE

INDDIGO - BE QEB



Vue de la façade est © Véronique Paul



Façade est © Véronique Paul



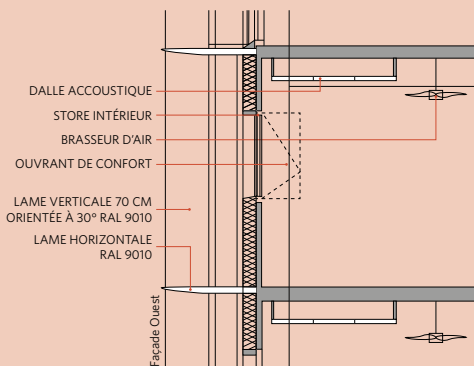
TPR1 : Brise-soleil verticaux © Véronique Paul

Dimensionnement des lames lors de la phase conception

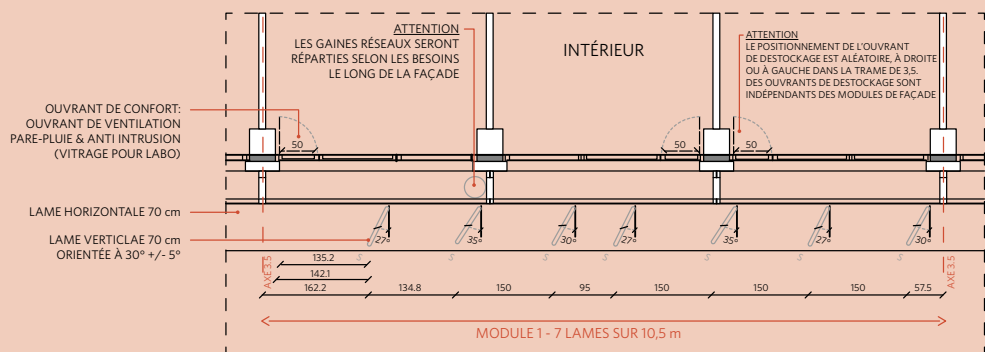
Cas courant

La protection solaire des façades ouest et est du bâtiment TPR1 est assurée par la combinaison, déportée de la façade, de lames horizontales et de lames verticales. Composée de lames métalliques de 70 cm de largeur, l'orientation et l'entraxe ont été étudiés et simulés (efficacité solaire, lumière naturelle, confort d'été) pour être optimaux sur toutes les composantes :

- Orientation : lames verticales de 27 à 35° selon la course du soleil pour l'est et l'ouest, par rapport à la perpendiculaire à la façade.
- Entraxe des lames verticales : de 0,90 à 1,50 m (moyenne de 1,20 m), 3 modules par façade.
- Les lames horizontales sont légèrement abaissées par rapport à la dalle.
- L'espace entre la lame horizontale et la façade est laissé libre.



© SCAU Architecture



© SCAU Architecture

Ces éléments assurent ainsi une protection solaire optimale et continue sur l'ensemble de la période estivale et de mi-saison, sans pénaliser l'éclairage naturel. Le bâtiment se suffit ainsi à lui-même et s'autoprotège, libérant ainsi l'utilisateur de cette contrainte. Fixes, ils ne nécessitent en outre aucun entretien et sont constitués de matériaux durables et fiables dans le temps.

De couleur claire, les éléments de cette façade épaisse sont ainsi réfléchissants pour ne pas emmagasiner de la chaleur.

Pour renforcer la protection solaire, deux éléments viennent en complément :

- Un facteur solaire de vitrage de 0,4, permettant de conserver en même temps un facteur de transmission lumineuse de 0,67 ;
- Un store intérieur pour également gérer les phénomènes possibles d'éblouissement.

Cas spécifique des ouvrants pompiers

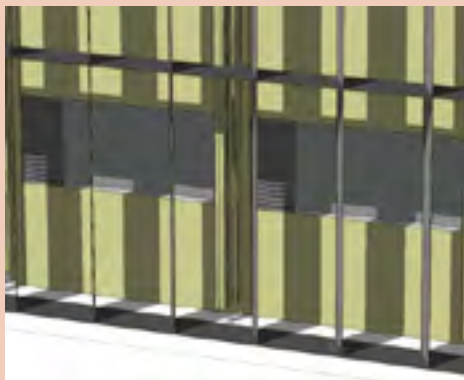
La baie pompier bénéficiant d'un vitrage de grande hauteur (1,8 m) et d'un espacement plus important des lames (1,5 m), la limitation des apports solaires dans le local est apportée par l'équipement de cette baie d'un vitrage à contrôle solaire, $FS < 0,28$.

Cas spécifique du rez-de-chaussée

La façade épaisse s'arrêtant au R+1, la protection solaire du RDC est assurée par une résille métallique extérieure devant les vitrages :

- 60% de taux de percement en façade est
- Entre 60% et 80% de taux de percement en façade ouest

Modélisation des lames métalliques



Vue 3D de la façade est à 11h00 le 21 juin

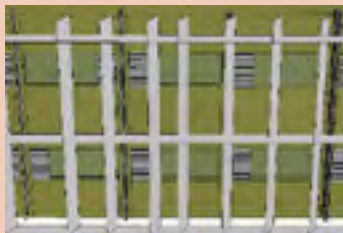
Efficacité



Illustration des résultats sous Ecotect
Façade ouest – Énergie solaire incidente en Wh/m^2
cumulée reçue sur le vitrage, sur la période d'étude
(du 16 avril au 15 octobre)

Bilan

Facade ouest - Module 1



Vue 3D

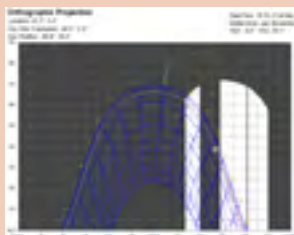
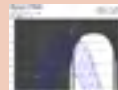


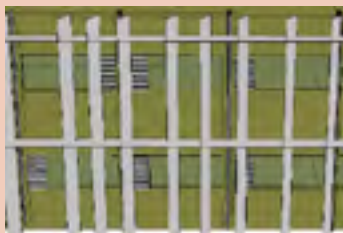
Diagramme solaire Sans les lames



Facteur
solaire moyen
calculé selon
simulations
«énergie
solaire
incidente»

28%

Facade ouest - Module 2



Vue 3D

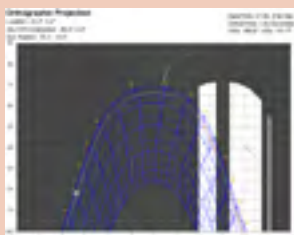
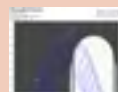


Diagramme solaire Sans les lames



Facteur
solaire moyen
calculé selon
simulations
«énergie
solaire
incidente»

27%

Facade ouest - Module 3



Vue 3D

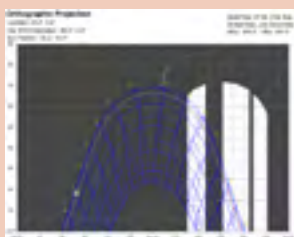
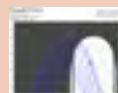
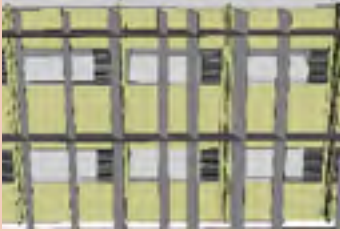
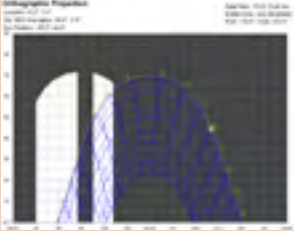
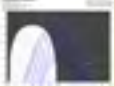

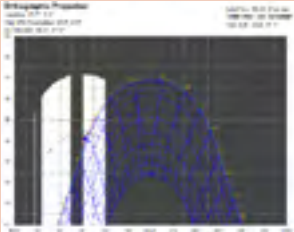


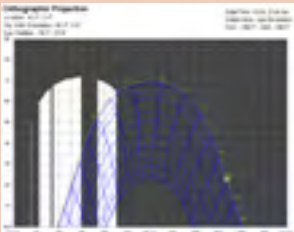



Diagramme solaire Sans les lames



Facteur
solaire moyen
calculé selon
simulations
«énergie
solaire
incidente»

27%

<p>Facade est - Module 1</p>		
 <p>Vue 3D</p>	 <p>Diagramme solaire</p>  <p>Sans les lames</p>	<p>Facteur solaire moyen calculé selon simulations «énergie solaire incidente»</p> <p>30%</p>
<p>Facade est - Module 2</p>		
 <p>Vue 3D</p>	 <p>Diagramme solaire</p>  <p>Sans les lames</p>	<p>Facteur solaire moyen calculé selon simulations «énergie solaire incidente»</p> <p>30%</p>
<p>Facade est - Module 3</p>		
 <p>Vue 3D</p>	 <p>Diagramme solaire</p>  <p>Sans les lames</p>	<p>Facteur solaire moyen calculé selon simulations «énergie solaire incidente»</p> <p>30%</p>

ASPECTS POSITIFS



- Protection solaire efficace
- Stores intérieurs importants pour limiter l'éblouissement sur les bureaux/écrans
- Conditions de confort en été très largement améliorées (grâce également aux brasseurs d'air).



ASPECTS NÉGATIFS

- Facteurs solaires acceptables pour le confort et permettant de garantir également un certain apport lumineux mais ceux-ci auraient pu être plus faibles afin de favoriser encore davantage le confort d'été

LOGEMENTS GRADINS À ARLES

Projet réhabilitation (304 logements)
Année: 2018 - 2020

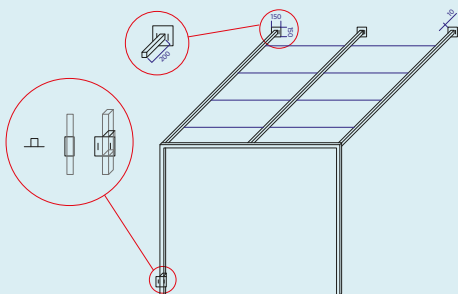
MOA Famille & Provence
GROUPEMENT DE CONCEPTION / RÉALISATION
GCC
Sébastien Labastie - architecte
GERES - accompagnement locataires



Les travaux de rénovation énergétique menés par Famille et Provence ont notamment permis :

- L'isolation des bâtiments (isolation des murs par l'extérieur, isolation des vides sanitaires et des toits-terrasses.
- Le remplacement du système de chauffage : mise en place d'une chaudière gaz à condensation, de radiateurs basse température, de robinets thermostatiques et d'un thermostat d'ambiance.
- L'amélioration du système de ventilation avec l'installation de VMC hygroréglable.
- L'amélioration des protections solaires avec l'installation de pergolas sur les terrasses et la mise en œuvre de volets roulants en PVC.

Ces pergolas étaient livrées « nues » et l'installation d'un végétal, de toile ou d'un système de protection sur les terrasses est laissé à la discrétion des locataires.



© F&P - WinSteel

REX
USAGERS

Logements gradins à Arles

ASPECTS POSITIFS



- Amélioration du confort d'été pour une partie des ménages.
- Tous les ménages plébiscitent les volets roulants qui sont très utilisés (hiver comme été) et apportent une réduction de l'apport solaire en été et une meilleure conservation de la chaleur en hiver. Auparavant les logements n'étaient pas équipés de protections solaires.

NB : si nous jugeons les volets roulants comme des protections solaires non adaptées en climat méditerranéen, ils restent bien plus performants que des menuiseries sans protection extérieure !

ASPECTS NÉGATIFS



- Un tiers des ménages annoncent un confort en été similaire après rénovation.
- Certains ménages estiment tout de même avoir encore chaud dans leur logement l'été après rénovation.
- Peu d'utilisation des pergolas : peu de ménages ont choisi d'installer une couverture sur la pergola métallique :
 - cela leur paraît cher, difficile à installer, la présence de pigeons qui viendraient salir la toile est également souvent citée.
 - certains ménages (3 sur 9) ont installé des matériaux qui ne protègent pas du rayonnement solaire comme du polycarbonate alvéolaire transparent.

RECOMMANDATIONS

Les concepteurs devront donc privilégier des facteurs de transmission lumineuse de vitrages les plus élevés possible (>78%)

ET

Une protection solaire efficace extérieure permettant de bloquer la totalité de la part directe du rayonnement solaire en période chaude.

ET

Si la protection solaire extérieure n'est pas mobile, une protection solaire mobile intérieure (store, rideau, etc.) permettant d'éviter l'éblouissement ou de réguler la quantité de lumière naturelle disponible devra être mise en place.

NON

Le volet roulant sans projection seul n'est pas réellement adapté au climat méditerranéen.

OUI

Une protection solaire fixe adaptée à l'orientation et à l'usage sera toujours préférable quand c'est possible.

OUI

La main/l'usage doit être laissé aux occupants, qui doivent être formés, si l'on veut que cela fonctionne efficacement dans le temps.

NON

Il ne faut pas se limiter aux quelques cas traités ici, les possibilités techniques, architecturales, végétales, etc. de réaliser une protection solaire efficace sont infinies.

POUR ALLER PLUS LOIN

OUVRAGES

Solar Control & Shading Devices, *Olgay, Aladar ; Victor Olgay* - Princeton University Press (21 février 1977).

Shading Systems, *Austin Stack, John Goulding and J. Owen Lewis* - Energy Research Group, University College Dublin, with the support of the EUROPEAN COMMISSION

Protection solaire pour bâtiments durables, *ACTIBAIE* - European Solar Shading Organization

L'éclairage naturel des bâtiments, *Reiter, De Herde* - Presses Universitaires de Louvain, UCL

Panorama des protections solaires, retour d'expériences des projets BDM - EnvirobatBDM

An overview on solar shading systems for buildings, *Laura Bellia, Concetta Marino, Francesco Minichiello, Alessia Pedace* - Département d'ingénierie industrielle, Université de Naples Frederico II (2014).

Fixed External Sun Shading Devices, *Don Prowler, FAIA* - Donald Prowler and Associates (23/05/2008).

Strike a balance between daylighting vs. solar heat gain, *Janelle Penny* - Buildings (03/01/2015).

Environment Control Systems for sustainable Design: A methodology for testing, simulating and comparing kinetic facade system, *Karen Kensek, Ryan Hansanuwat* - École d'architecture, Université du sud de la Californie (1 novembre, 2011).

SITES INTERNET

www.guidebatimentdurable.brussels

www.enviroboite.net

Ainsi que les sites des fabricants qui proposent des modèles cités dans ce guide.

envirobatbdm

EnvirobatBDM est l'association des acteurs interprofessionnels du bâtiment et de l'aménagement durables en région Provence Alpes-Côte d'Azur. Elle accompagne l'intégration des exigences du développement durable dans l'acte de bâtir, rénover et aménager grâce à son centre de ressources, de formation et à l'animation de réseaux professionnels tels que Fibraterra et les économistes de flux. L'association est créatrice et porteuse des labels collaboratifs Bâtiments et Quartiers durables méditerranéens (BDM et QDM).

EnvirobatBDM

Résidence le Phocéan, bâtiment C
32 rue de Crimée - 13003 Marseille
04 95 04 30 44
contact@envirobatbdm.eu
www.envirobatbdm.eu

