

ANNEXE 5

GLOSSAIRE

TERMINOLOGIE : LES ÉCHANGES DE CHALEUR

CONDUCTION / CONVECTION / RAYONNEMENT

TERMINOLOGIE : ACOUSTIQUE

BRUIT AÉRIEN / BRUIT ROSE / BRUIT D'IMPACT / BRUIT ROUTIER /

INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE / FRÉQUENCE / PUISSANCE ACOUSTIQUE D'UNE SOURCE

TERMINOLOGIE : ÉNERGIE ET COEFFICIENT U

ABSORPTION ÉNERGÉTIQUE DU VITRAGE / BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UNE FENÊTRE /

COEFFICIENT DE TRANSMISSION ÉNERGÉTIQUE U

CALCUL DU COEFFICIENT U DE LA FENÊTRE

TERMINOLOGIE : ÉNERGIE ET COEFFICIENT Be

SOLEIL ET ÉNERGIE : EFFET DE SERRE

SOLEIL ET ÉNERGIE : FACTEURS SOLAIRES

LE SPECTRE SOLAIRE / FACTEUR SOLAIRE G / FACTEUR SOLAIRE ABSOLU /

FACTEUR DE TRANSMISSION SOLAIRE RELATIF FSR / FACTEUR LUMINEUX ABSOLU FLA

SOLEIL ET ÉNERGIE : GAIN DE CHALEUR : LE MUR TROMBE

SOLEIL ET ÉNERGIE : GAIN DE CHALEUR : LA SERRE ACCOLÉE

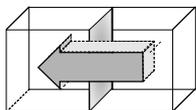
DIVERS

CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

CASSE THERMIQUE

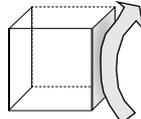
TERMINOLOGIE : LES ÉCHANGES DE CHALEUR

Les déperditions d'énergie [W/m²K] se font selon les trois modes de propagation de la chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement.

CONDUCTION

Mode de propagation de la chaleur à travers un corps ou entre deux corps en contact direct.

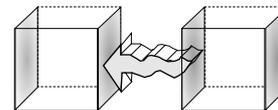
La quantité de chaleur qui va se propager par conduction, en un temps donné, est directement proportionnelle à la conductivité thermique des matériaux constituant la paroi et à la différence de température entre les deux faces ; elle est inversement proportionnelle à l'épaisseur des lames constituant la paroi.

CONVECTION

Transfert de chaleur de la surface d'un corps solide à un fluide et inversement.

L'intensité de l'échange dépend de la différence de température entre la paroi et l'air, de la vitesse de l'air et des caractéristiques géométriques des parois.

Par exemple, un vent froid et violent causera un important refroidissement.

RAYONNEMENT

Transfert de chaleur à travers le vide ou l'air.

Un corps chaud émet un rayonnement infrarouge qui se propage à travers le vide, un gaz ou un corps transparent aux infrarouges. La composition spectrale de ce rayonnement dépend de la nature et de la température de la surface du corps émetteur. La quantité de chaleur qu'un corps peut transmettre est fonction de son émissivité, de la température de sa surface et de la température de la surface du corps récepteur.

TERMINOLOGIE : ACOUSTIQUE**BRUIT AÉRIEN**

Bruit prenant sa naissance dans l'air et s'y propageant sous forme d'ondes.

BRUIT ROSE

Ce mot est employé sous deux acceptions (le contexte les éclaire) :

- phénomène acoustique produisant une sensation auditive désagréable ;
- tout phénomène acoustique produisant une sensation auditive, désagréable ou non.

Il simule les bruits émis dans un bâtiment ; il est également utilisé pour représenter les bruits émis par le trafic aérien.

BRUIT D'IMPACT OU DE CHOC

Bruit produit par un choc dont l'énergie est rayonnée dans l'air avoisinant et dans le solide frappé. Habituellement, n'est prise en compte que la vibration se propageant dans le solide.

BRUIT ROUTIER

Il simule les bruits émis par le trafic routier. Ce bruit est plus riche en sons graves que le bruit rose.

INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R_w

Indice caractérisant les qualités acoustiques d'une paroi, c'est-à-dire la différence de niveaux sonores qui règnent de part et d'autre de cette paroi pour un spectre de bruit donné en décibels [dB].

FRÉQUENCE

Nombre de fois qu'une grandeur périodique se produit identiquement à elle-même dans l'unité de temps.

L'unité utilisée est le Hertz [Hz].

PUISSANCE ACOUSTIQUE D'UNE SOURCE

Puissance moyenne totale rayonnée par une source sonore dans toutes les directions.

La puissance acoustique s'exprime en watts [W].

CONSULTER ...

- norme EN ISO 140 > indice d'affaiblissement acoustique
- norme EN ISO 717-1 > définit une courbe de "qualité acoustique"

TERMINOLOGIE : ÉNERGIE ET COEFFICIENT U

ABSORPTION ÉNERGÉTIQUE DU VITRAGE [33]

Pourcentage d'énergie absorbée par le vitrage.

BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UNE FENÊTRE

Différence entre les apports et les déperditions thermiques au travers d'un vitrage et d'une fenêtre.

COEFFICIENT DE TRANSMISSION ÉNERGÉTIQUE U

Anciennement appelé "k", ce coefficient U caractérise la transmission de chaleur à travers une paroi, de surface égale à 1 m², séparant deux ambiances dont les températures diffèrent de 1 degré Kelvin.

C'est la valeur donnée à l'isolation thermique. Elle s'exprime :

- en Belgique, selon les normes **NBN B 62-002 (+ addendum)** et

NBN B 62-004, par le coefficient de transmission thermique k (en [W/m²K]) ;

- en Europe, dans le cadre de la normalisation européenne, par le symbole U (en [W/m²K]).

La valeur U ou k d'un simple vitrage est calculée en fonction des résistances thermiques d'échange, de l'épaisseur du verre et de la conductivité thermique du verre.

La valeur U ou k d'un vitrage multiple est calculée en faisant intervenir la résistance thermique R_s des différentes lames (d'air ou de gaz).

La valeur U centrale ne s'appliquant qu'à la partie centrale du vitrage, il faut également tenir compte de l'effet de pont thermique dû aux intercalaires à la périphérie du vitrage (valeur k linéaire).

La valeur U ou k d'une fenêtre dépend non seulement de la valeur k au centre du vitrage, mais aussi de la valeur k du châssis et de la valeur k linéaire de l'intercalaire.

CALCUL DU COEFFICIENT U DE LA FENÊTRE

- La valeur U d'un simple vitrage est calculée par :

$$U_{vc\text{simple}} = \frac{1}{R_i + \frac{d_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}}} + R_e} \quad \text{en [W/m}^2\text{K]}$$

- La valeur U d'un vitrage multiple est calculée en faisant intervenir la résistance thermique R_s des différentes lames :

$$U_{vc\text{multiple}} = \frac{1}{R_i + \sum \frac{d_{\text{verre}}}{\lambda_{\text{verre}}} + \sum R_s + R_e} \quad \text{en [W/m}^2\text{K]}$$

où :

- R_i et R_e : résistance thermique d'échange, respectivement, des surfaces intérieure et extérieure, selon la norme NBN B62-002 ;
- R_i = 0,125 et R_e = 0,043 m²K/W (pour fenêtres verticales) ;
- d_{verre} : épaisseur du verre (simple) [m] ;
- λ_{verre} : conductivité thermique du verre, égale à 1 W/mK selon la NBN B 62-002 ;
- R_s : résistance thermique de chaque lame d'air ou de gaz.

Remarque : il existe une méthode spécifique de calcul pour les verres à couche mais cette partie n'est pas abordée ici.

- La valeur U "globale" d'une fenêtre est calculée par :

$$U_{\text{fen}} = \frac{(U_{ch} * A_{ch} + U_{vc} * A_{vc} + U_{pc} * A_{pc} + U_L * l)}{A_{ch} + A_{vc} + A_{pc}} \quad \text{en [W/m}^2\text{K]}$$

où :

- U_{vc} : coefficient de transmission de la partie centrale du vitrage [W/m²K] ;
- A_{vc} : surface du vitrage [m²] - partie visible ;
- U_{ch} : coefficient de transmission du châssis [W/m²K] ;

- A_{ch} : surface (projetée) du châssis [m²] - partie visible ;
- U_{pc} : coefficient de transmission du panneau opaque (s'il existe) [W/m²K] ;
- A_{pc} : superficie du panneau opaque (s'il existe) [m²] - partie visible ;
- U_L : déperditions thermiques dues au pont thermique des intercalaires [W/mK] ;
- l : longueur périphérique de l'intercalaire [m].

Remarques :

- les valeurs U_{ch} peuvent être mesurées selon la norme NBN B62-204 ou déterminées à l'aide du tableau 8 de la norme NBN B62-002 dont les valeurs sont reproduites sur la page 20 du présent guide ;
- pour les valeurs U_L des intercalaires métalliques, des valeurs forfaitaires sont fournies dans le tableau 9 de la NBN B62-002. Dans le cas de châssis métalliques sans coupure thermique, il n'est pas nécessaire de prendre en compte l'effet des intercalaires ;
- pour les vitrages multiples montés dans d'autres types de châssis, on prendra U_L = 0,05 ou 0,07 W/mK selon que la valeur U_{vc} centrale du vitrage est supérieure ou inférieure à 2 W/m²K ;
- pour les valeurs du U_{vc} : voir les formules de calcul de U_{vc} simple et U_{vc} multiple ci-contre ou les valeurs données en page 42 de ce guide ou les valeurs données par la NIT 214 ou encore les valeurs données par les fabricants.

Simplifications :

La valeur moyenne U_f des fenêtres d'une habitation ou de petits immeubles à appartements peut être déterminée à l'aide de la formule simplifiée suivante :

- Dans le cas des châssis métalliques :

$$U_f = 0,75 U_{vc} + 0,25 U_{ch} + 3 U_L$$

- Pour les autres châssis :

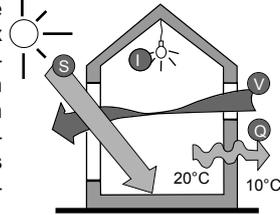
$$U_f = 0,70 U_{vc} + 0,30 U_{ch} + 3 U_L$$

Ces formules sont basées sur l'hypothèse que le vitrage occupe en moyenne 70 à 75 % de la surface de la fenêtre (selon le type de châssis) et que l'on a, en moyenne, 3 m courants d'intercalaire par m² de vitrage.

TERMINOLOGIE : ÉNERGIE ET COEFFICIENT BE

LA VALEUR BE

Les besoins nets en énergie de chauffage d'un bâtiment sont ceux nécessaires au maintien d'une température de confort à l'intérieur d'un bâtiment ; ils sont déterminés en fonction des déperditions de l'enveloppe, des pertes par ventilation, des gains solaires et des apports internes.



Les besoins en énergie peuvent s'exprimer par l'équation suivante :

$$Be = \frac{0,0864 \sum \text{degi} * P_b}{A_{ch}} \quad [\text{MJ/m}^2\text{an}]$$

où :

- P_b : coefficient de déperdition du bâtiment [W/K].
Il donne, pour un écart de température de 1 degré, les pertes totales de chaleur, par transmission et par ventilation du volume protégé ;
- A_{ch} : surface de plancher chauffé de l'ensemble des locaux qui peuvent être chauffés, soit temporairement, soit en continu, située dans le volume protégé V, mesurée entre les faces externes des murs extérieurs du volume [m²] ;

Le besoin en énergie net de chauffage, exprimé en MJ/m²an est calculé par le rapport entre :

- la somme des degrés-jours multipliée par le coefficient de déperditions P_b pondéré par le facteur 0,0864 ;
- la surface du plancher chauffé.

Le Be_{max} dépend de la compacité de l'habitat, qui est le rapport de V sur A_T où :

- V : volume protégé défini par la norme NBN B 62-301 [m³] ;
- A_T : total des surfaces des déperditions thermiques de toutes les parois (murs, fenêtres, plancher, toiture) [m²] ;
- Be_{max} : valeur maximale admise pour Be [MJ/ m²an] ;
- Be_{450} : niveau de besoins conventionnels en énergie de chauffage [MJ/ m²an].

Remarque :

Mode de calcul du Be_{max} ou Be_{450} :

- si $V/A_T \leq 1$ m $Be_{450} = (429 / V/A_T) + 21$ [MJ/m²an] ;
- si 1 m $\leq V/A_T \leq 4$ m $Be_{450} = (286 / V/A_T) + 164$ [MJ/m²an] ;
- si 4 m $\leq V/A_T$ $Be_{450} = (858 / V/A_T) + 21$ [MJ/m²an] ;

SOLEIL ET ÉNERGIE : EFFET DE SERRE

Lorsque le rayonnement solaire frappe un bâtiment, il peut atteindre une paroi opaque ou une paroi translucide (et/ou transparente) telle que le polycarbonate, le chlorure de polyvinyle (PVC), le polyester renforcé de fibres de verre (PRV), le polyméthacrylate (PMMA) et le fluorure de polyvinyle (tedlar®).

Si le rayonnement solaire atteint :

- une paroi opaque : une partie de l'énergie rayonnée est absorbée tandis que le reste est réfléchi ; l'énergie absorbée est réémise en partie vers l'extérieur tandis que l'autre se diffuse progressivement vers l'intérieur ;
- une paroi translucide : cette paroi transmettra les rayonnements à courtes longueurs d'onde (rayonnements solaires) vers l'intérieur (τ) ; elle réfléchira directement une partie de l'énergie (ρ) (longueurs d'onde élevée) et elle absorbera puis réémettra une très faible partie de l'énergie (α).

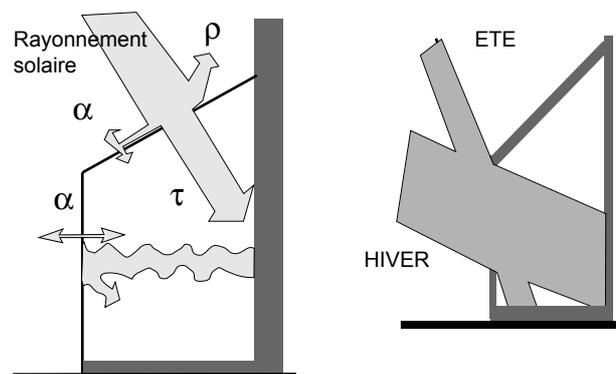
PRINCIPE DE L'EFFET DE SERRE

Le rayonnement solaire, dont les longueurs d'onde sont courtes, traverse, en partie, le vitrage.

Il atteint l'intérieur du local et en réchauffe les objets et les parois. Etant donné que le rayonnement réémis a des grandes longueurs

d'onde et que les objets et matériaux translucides des parois extérieures sont "pratiquement opaques" à ces longueurs d'onde, il s'ensuit une augmentation de la température du local.

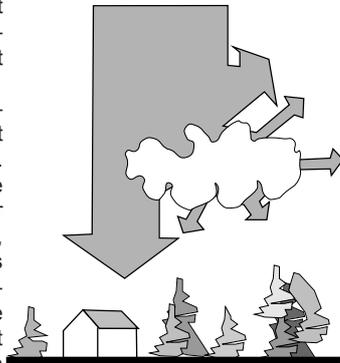
Ce phénomène, basé sur la captation de l'énergie solaire à travers les parois translucides, est appelé l'effet de serre.



SOLEIL ET ENERGIE : FACTEURS SOLAIRES

SPECTRE SOLAIRE

Il représente la distribution spectrale du rayonnement solaire direct et diffus, respectivement par temps clair et par temps nuageux. Environ 50 % du rayonnement solaire nous parvient sous forme de lumière visible. En matière d'éclairage, le soleil est très efficace : par watt de puissance calorifique, il fournit de 80 à 120 lumens de lumière directe, soit environ dix fois plus qu'une lampe à incandescence ordinaire et davantage qu'une installation d'éclairage à tubes fluorescents.

FACTEUR SOLAIRE g (selon la norme EN410)

Appelé ainsi depuis le projet de norme européenne prEN410. Le facteur solaire (anciennement nommé FS) est le rapport entre l'énergie totale entrant dans le local à travers un vitrage et l'énergie solaire incidente. C'est la somme de l'énergie entrant par transmission directe, et de l'énergie cédée par le vitrage à l'ambiance intérieure, à la suite de son échauffement par absorption énergétique.

EXTERIEUR

INTERIEUR

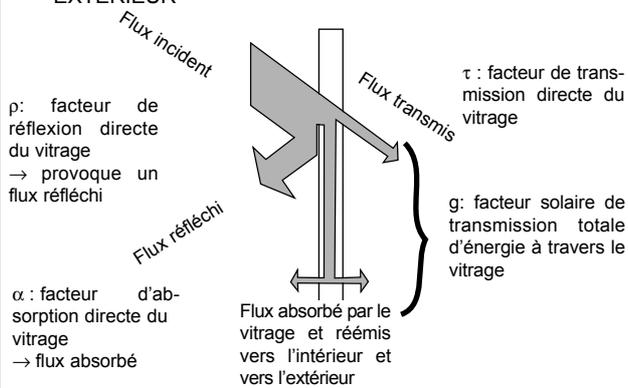


SCHÉMA DES FACTEURS ÉNERGÉTIQUES [21]

Remarques :

- Le coefficient " Shading Coefficient" est égal à 1 pour le verre clair de 3 mm d'épaisseur. Il s'obtient en divisant le facteur solaire g par 0,87. Shading Coefficient $SC_{EN410} = g_{EN410} / 0,87$.
- Pour les vitesses habituelles de l'air, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, le coefficient d'échange du vitrage vers l'extérieur est de 23 W/m^2K et de 8 W/m^2K vers l'intérieur.

FACTEUR SOLAIRE ABSOLU

OU FACTEUR DE TRANSMISSION SOLAIRE

Il indique la fraction du rayonnement solaire incident (irradiance) pénétrant dans l'ambiance intérieure sous forme de chaleur. Cette grandeur prend non seulement en compte les gains solaires directs (rayonnement à courte longueur d'onde = Φ_{dir}), mais aussi la fraction du rayonnement incident absorbée par le vitrage et transmise à l'ambiance intérieure par échanges convectif et radiatif (Φ_{add}).

$$FSA = (\Phi_{dir} + \Phi_{add}) / \Phi_{sol}$$

c'est-à-dire que le FSA s'exprime comme le rapport de la densité du flux total de chaleur transmise, sur la densité du flux total de rayonnement solaire incident (Φ_{sol}).

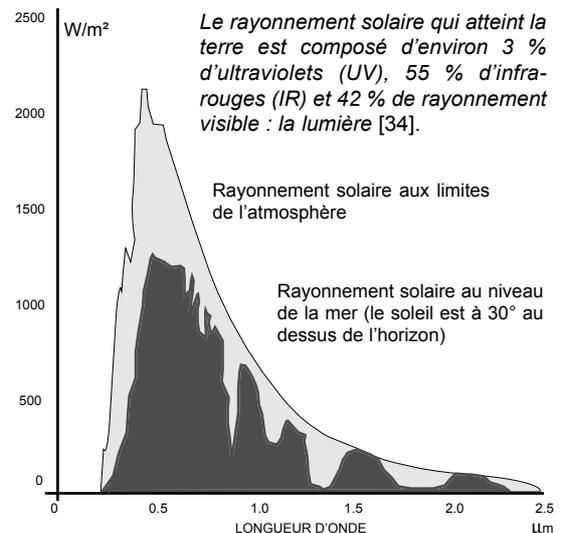
FACTEUR DE TRANSMISSION SOLAIRE RELATIF FSR

Il se définit comme étant le rapport entre le facteur solaire absolu FSA d'un vitrage considéré et le FSA d'un simple vitrage (soit 0,85).

FACTEUR LUMINEUX ABSOLU FLA

C'est la fraction de rayonnement lumineux incident qui traverse un vitrage dans la partie visible du spectre solaire, comprise entre 380 et 780 nanomètres.

Ce facteur prend non seulement en compte la distribution énergétique spectrale du rayonnement solaire mais aussi la sensibilité spectrale de l'oeil humain.



SOLEIL ET ÉNERGIE : GAIN DE CHALEUR : LE MUR TROMBE

MUR TROMBE OU MUR ACCUMULATEUR

PRINCIPE

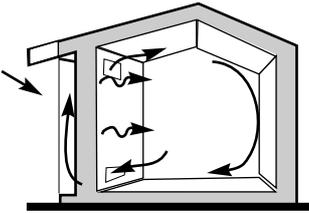
Dans nos régions, ce type de mur est principalement utilisé pour l'accumulation de chaleur en saison de chauffe.

Il s'agit d'un mur lourd devant lequel un vitrage a été posé, laissant un espace d'air minimal entre les deux.

Des éléments de contrôle le complètent.

PÉRIODE DE CHAUFFE

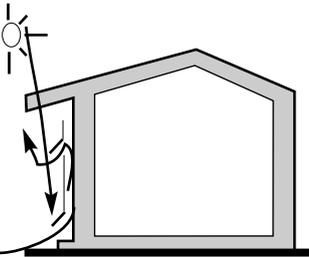
Le mur se réchauffe par effet de serre, la chaleur migrant progressivement vers l'intérieur si le mur n'est pas ventilé. Il est plus efficace cependant de ventiler l'espace d'air et de prévoir des ouvertures hautes et basses dans le mur pour permettre une thermocirculation naturelle et de réchauffer ainsi l'espace par le brassage de l'air intérieur.



PÉRIODE D'ÉTÉ

Il faut ombrager le mur capteur : les systèmes sont multiples et identiques à ceux abordés pour les fenêtres.

On peut également ventiler la lame d'air du système, de l'extérieur vers l'intérieur, pour éviter toute surchauffe néfaste au vitrage du mur Trombe.



AVANTAGES

- pas de dégradation ni de décoloration de l'intérieur du bâtiment due aux UV ;
- restitution, en fin de journée, de la chaleur accumulée pendant celle-ci ;
- dimensionnement possible de l'inertie thermique d'un tel mur en calculant la masse et le matériau adéquat.

DÉSAVANTAGES

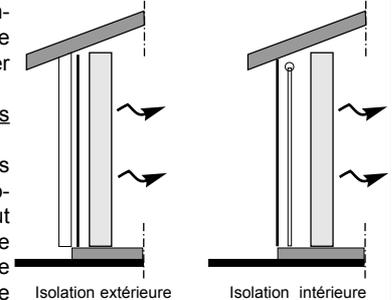
- rend opaque une partie de la face sud et empêche la vue et la lumière ; on peut toutefois y pratiquer certaines baies pour la vue ;
- ce type de mur prend de la place dans la surface habitée ;
- nécessité une isolation mobile côté extérieur ou dans l'espace d'air pour éviter des pertes de chaleur importantes vers l'extérieur, au travers de la vitre.

AUTRES ASPECTS

Le principe du mur Trombe (mur lourd + vitre) peut être appliqué de façon très variée.

RÈGLES DE CONCEPTION

- orientation : sud $\pm 20^\circ\text{C}$;
- architecture : un des murs de vie ;
- surface : surface vitrée = surface du mur de stockage ;
- espace d'air entre mur et châssis : variable de 5 à 15 cm (éventuellement jusqu'à 40 cm) suivant les besoins en isolation mobile ;
- matériau translucide : verre et brique de verre, ou plastique (acrylique, polycarbonate, polyéthylène) ;
- vitrage :
 - le double vitrage (espace de 12 mm minimum entre les verres) ou équivalent est intéressant si on veut limiter les déperditions thermiques du mur accumulateur ;
 - le simple vitrage doit être absolument associé avec une isolation mobile ;
- isolation mobile : destinée à éviter les pertes de calories accumulées. Elle peut aussi servir à refroidir le mur.
- isolation extérieure : elle est soumise aux intempéries et doit donc être bien étanche pour éviter les effets de bord.
- isolation intérieure dans l'espace d'air : elle doit laisser libres les mouvements de thermocirculation mais il faut prévoir une bonne conception du système mobile car il est difficile d'accéder dans cet espace.



REMARQUES

- éviter le contact de châssis métalliques, ou de bois non séché, avec le mur ;
- faire attention à la qualité des matériaux, des peintures et des vernis pour éviter les dégradations dues aux fortes températures (jusqu'à 70 à 95°C) que peut atteindre le mur ;
- faire attention à la dilatation (faible pour le verre, mais forte pour les plastiques) ;
- prévoir la possibilité d'un entretien et d'une réparation aisés (verre, creux et autres matériaux) ;
- attention à ne pas installer un même vitrage qui subirait des ambiances thermiques différentes => risques de rupture thermique.

SOLEIL ET ÉNERGIE : GAIN DE CHALEUR : LA SERRE ACCOLÉE

SERRE OU VERRIÈRE ACCOLÉE

EN FAÇADE SUD DE L'HABITATION, LA SERRE ATTACHÉE PRÉSENTE DIVERS INTÉRÊTS TELS QUE :

- limiter les déperditions de la maison et des espaces ensoleillés ;
- transférer facilement de la chaleur vers des espaces habitables moins bien exposés ;
- permettre le stockage de la chaleur dans une plus large quantité de matériaux.

DIFFÉRENTES CONFIGURATIONS

- au niveau du sol intérieur ;
- plus bas que le sol intérieur ("en puits") : l'isolation du plancher du puits est inutile car elle peut bénéficier de la chaleur du sol.

MODES D'UTILISATION DE LA SERRE ACCOLÉE

- Extension du séjour : pas de coupure thermique entre la serre et le séjour. Il est donc nécessaire de prévoir un chauffage d'appoint pour certaines périodes.

- Espace séparé du séjour : dans ce cas, on admet que la température peut y fluctuer beaucoup plus et l'isolation thermique entre les deux évite d'avoir à recourir à un système de chauffage.

La combinaison de ces configurations est évidemment possible.

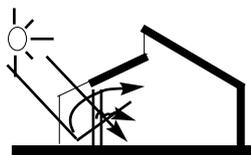
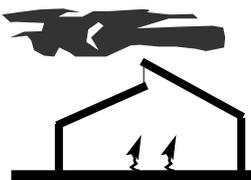
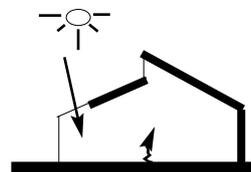
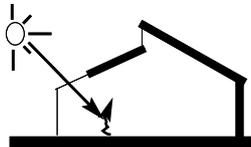
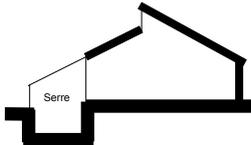
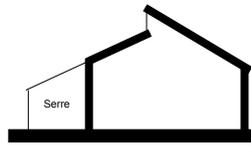
PÉRIODES DE CHAUFFE

L'effet de serre est général pour toutes ces configurations.

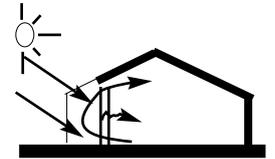
- Extension du séjour :
 - nécessité d'un chauffage complémentaire ;
 - besoin d'isolation nocturne et en dehors des périodes ensoleillées.

- Système à gain direct : par un mur vitré (double vitrage) dans les éléments assez froids. Cette paroi permet un réglage de la prise en compte ou non de la chaleur de la serre.

- Système à échange d'air : un mur sépare la serre, de l'habitation et, si on le désire, des bouches de ventilation hautes et basses permettent un échange par thermocirculation. La serre est donc espace tampon ou espace de chauffe. Il n'est pas nécessaire d'isoler ce mur intermédiaire.



- Système à mur accumulateur : il fonctionne comme un mur Trombe (séparation par un mur massif). La serre est un espace tampon. Une isolation mobile sur la serre peut rendre ce système très efficace en gardant la serre chaude, ce qui a pour effet de laisser le mur "rendre" sa chaleur vers l'intérieur du bâtiment.



Remarque : des bouches de ventilation peuvent aussi être pratiquées dans un tel mur.

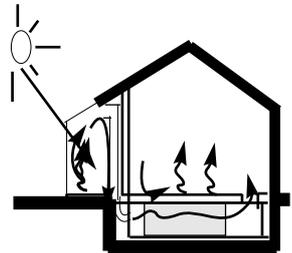
- Système de stockage passif : le mur séparateur n'a d'autre fonction que d'arrêter l'air chaud. Cet air est aspiré vers un stockage de graviers, de briques ou de produits à changement de phase. La diffusion de chaleur se fait naturellement à travers le plancher du séjour.

La température de l'air aspiré est d'environ 35 à 40°C. Le lit de gravier peut monter jusqu'à 25 à 30°C.

Il peut servir à échauffer l'air ambiant si on a installé un système à double flux.

Remarques :

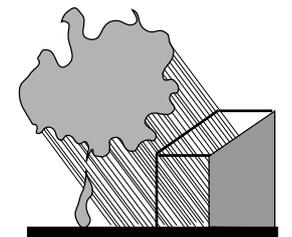
- le rendement de ventilation est plus efficace lorsque l'air est aspiré hors du stockage, que lorsqu'il y est pulsé ;
- il risque d'y avoir accumulation de poussières, de bactéries, etc. si la température de 40°C est dépassée.



PÉRIODES D'ÉTÉ

Sous nos latitudes, il faut, en été :

- empêcher le soleil d'atteindre la serre grâce, par exemple, à de la végétation à feuilles caduques ou des pare-soleil extérieurs placés sur la serre ;
- ventiler l'espace serre directement ;
- couper les espaces intérieurs, si nécessaire, du contact avec la serre.



CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

CALCUL DE LA RENTABILITÉ D'UN INVESTISSEMENT

La rentabilité d'un investissement, par exemple le surcoût occasionné par le choix d'un double vitrage "haut rendement", peut être évaluée en comparant le montant de cet investissement, à l'économie qu'il permet de réaliser. Il convient toutefois de comparer l'investissement effectué aujourd'hui et les économies réalisées dans le futur sur une base économique équivalente.

L'économie réalisée pendant une période de N années se calcule :

$$\frac{\Delta C * E}{(t - i)} * \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+t} \right)^N \right] \quad [\square]$$

ou, si l'augmentation du coût de l'énergie et l'inflation sont égales au taux d'intérêts (i = t), l'économie réalisée équivaut à :

$$\Delta C * E * N * (1 + i) \quad [\square]$$

où :

- ΔC : économie de chauffage [kWh/an] ;
- E : coût de l'énergie de chauffage au moment de l'investissement [€/kWh] ;
- i : inflation ou augmentation du coût de l'énergie [%] ;
- t : taux d'intérêt annuel de l'argent épargné [%] ;
- N : nombre d'années.

CASSE THERMIQUE [21]

PRINCIPE :

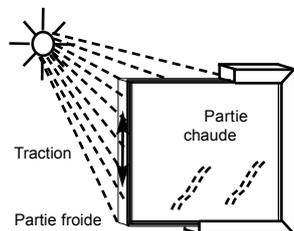
Lorsque la température du vitrage augmente, il se dilate.

Ce phénomène ne présente pas d'inconvénient si l'augmentation de température est uniforme sur tout le vitrage. Il arrive, parfois, qu'une partie de celui-ci reste froide, empêchant ainsi la partie chaude de se dilater librement : il se crée alors des contraintes de traction susceptibles de dépasser la contrainte de rupture du verre.

Un bris par choc thermique peut se produire s'il existe, entre deux zones d'un verre, une différence de température trop importante.

Cette différence de température peut être due, par exemple :

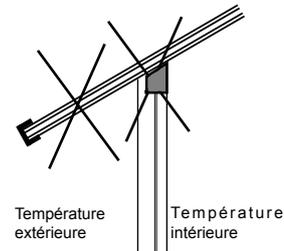
- à un écart de température entre la partie visible et la partie en feuillure du vitrage ; ce risque existe pour les verres de contrôle solaire et, principalement, pour les verres absorbants ;
- au fait qu'une partie d'un vitrage soit au soleil et que l'autre partie soit à l'ombre ;
- au fait qu'une partie d'un vitrage soit à l'extérieur et l'autre à l'intérieur.



PRINCIPE DE CASSE THERMIQUE [21]

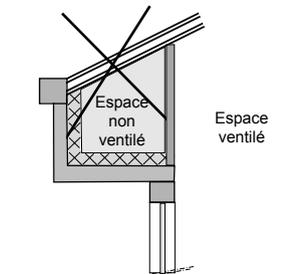


CASSE THERMIQUE DU VERRE [21]



CASSE THERMIQUE DU VERRE [21] :

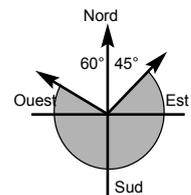
Proscrire tout dépassement du double vitrage en toiture sauf lorsque le verre intérieur est traité thermiquement.



CASSE THERMIQUE DU VERRE

DIFFÉRENTS FACTEURS PEUVENT INFLUENCER CETTE CASSE THERMIQUE, DONT NOTAMMENT :

- la position du vitrage :
 - en façade : la feuille extérieure d'un vitrage multiple possède un facteur d'absorption d'énergie solaire important, de telle manière que le traitement thermique du verre puisse s'avérer nécessaire.
 - en toiture : un vitrage partiellement enneigé présente un risque de bris par contrainte thermique ;
- la possibilité d'avoir des ombres portées uniquement sur une partie du vitrage ou le recouvrement des vitrages par les solins ;
- la présence d'un système de ventilation intérieure pulsant de l'air (chaud ou froid) sur le vitrage ;
- l'orientation des façades : les vitrages orientés entre - 60° et + 45° autour du nord, ne présentent aucun problème (figure ci-contre) ;
- la proximité d'un radiateur ;
- la proximité d'un objet sombre derrière le vitrage ;
- la nature, la forme et la couleur des châssis et le type de pose du vitrage dans la feuillure ;
- la pose du châssis en retrait du plan de la façade ;
- la nature du verre et ses dimensions ;
- l'état des bords du verre : les bords abîmés ou écaillés augmentent le risque de casse thermique ;
- les dépassements du vitrage en toiture peuvent être de 150 mm maximum pour le verre simple ; les doubles vitrages ne peuvent dépasser de la toiture ;
- les dilatations différentielles dues à une association "châssis foncé et verre clair", "châssis clair et verre absorbant" ou "châssis clair à coupure thermique et verre absorbant".



CASSE THERMIQUE DU VERRE : SECTEUR À CONSIDÉRER [21]