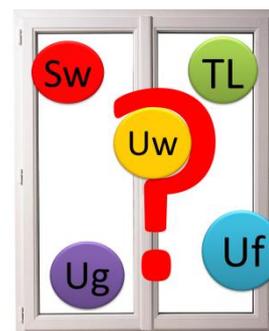


## LES COEFFICIENTS THERMIQUES DE LA FENÊTRE... KEZACO ?

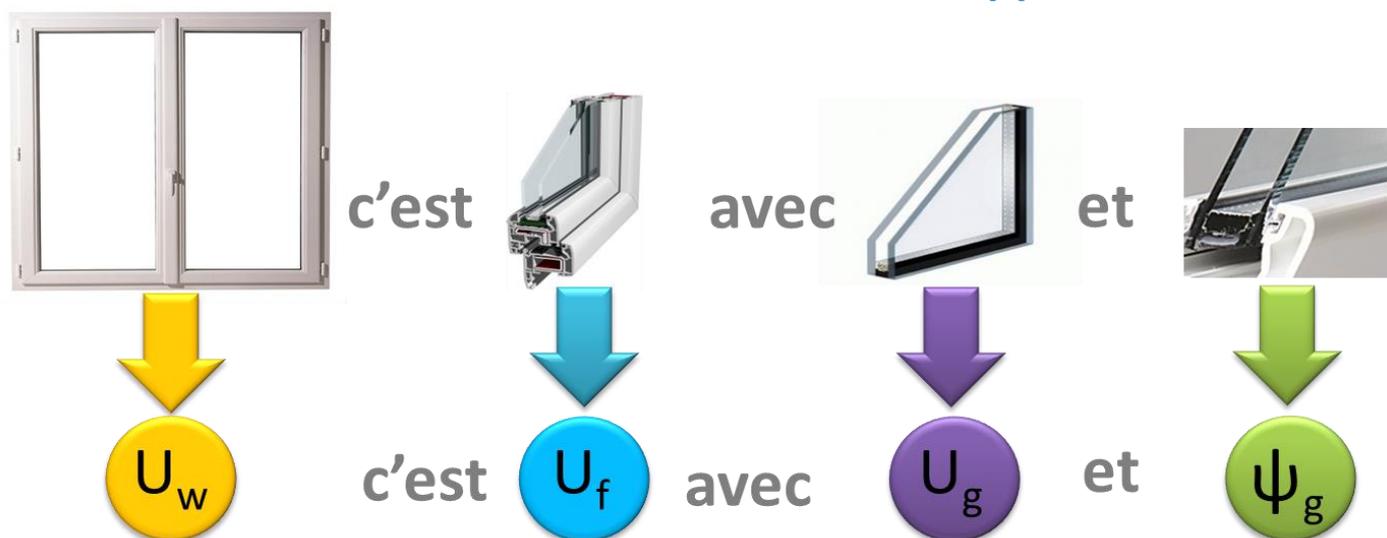
Tous les éléments de l'enveloppe du bâtiment sont déperditifs y compris la fenêtre. Cependant on lui demande d'isoler du froid extérieur, de laisser passer la lumière naturelle, de ne pas laisser entrer trop de chaleur en été mais de profiter du rayonnement solaire l'hiver...

**Sacré challenge !**

Alors on calcule des coefficients thermiques, de transmission lumineuse, d'apports solaires... mais si on les utilise tous les jours, les connaît-on si bien ?



## Une fenêtre = un élément isolant de l'enveloppe



$U_w$  (Coefficient de transmission thermique exprimé en Watt/m<sup>2</sup>/K) comprend :

- $U_f$  = Coefficient de déperdition du profilés (bois, alu ou pvc) exprimé en W/m<sup>2</sup>/K
- $U_g$  = Coefficient de déperdition du vitrage exprimé en W/m<sup>2</sup>/K
- $\psi_g$  = Coefficient de déperdition linéique

$$U_w = \frac{(\text{Surface vitrage} \times U_g) + (\text{Surface profilé} \times U_f) + (\psi_g \times \text{longueur "parcloses"})}{\text{Surface fenêtre}}$$

Pour avoir accès à la déperdition énergétique, il suffit de multiplier  $U_w$  par la surface  $S$  (en m<sup>2</sup>) et par l'écart de température en °C (1°C = 1 K) :

$$S \text{ (surface fenêtre)} \times C^\circ$$

### Exemple

Les travaux : Rénovation de la fenêtre de salle à manger d'une maison construite en 1950

Ancienne fenêtre : simple vitrage -  $U_w = 6 \text{ W/m}^2/\text{k}$  – dimension : 1,50m x 2,20m

Nouvelle fenêtre : double vitrage avec  $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2/\text{k}$

Considérant que l'écart moyen de température sur l'année entre l'intérieur de la maison et l'extérieur est de 10°C.

## Estimation de la perte d'énergie de-la fenêtre

**Fenêtre simple vitrage :**  $P_{1950} = \text{Surface fenêtre} \times U_w \times \text{Ecart température (intérieur - extérieur)}$   
 $P_{1950} = 3,33 \times 6 \times 10$

$$P_{1950} \pm 200 \text{ Watts}$$

Soit une perte annuelle de 0,2 kWh x 24 heures x 365 jours = 1 752 kWh/an au prix de 0,15€ par kWh = **263 € par an**

**Fenêtre double vitrage :**  $P_{2019} = \text{Surface fenêtre} \times U_w \times \text{Ecart température (intérieur - extérieur)}$   
 $P_{2019} = 3,33 \times 1,4 \times 10$

$$P_{2019} \pm 47 \text{ Watts}$$

Soit une perte annuelle de 0,047 kWh x 24 heures x 365 jours = 412 kWh/an au prix de 0,15€ par kWh = **62 € par an**

### Gain d'énergie grâce à la rénovation d'une seule fenêtre :

- 1 705 kWh / an
- 201 € / an

**Soit l'économie de la consommation énergétique de 5 réfrigérateurs de classe A+ par an !**

### Comment jouer avec ces coefficients ?

Pour obtenir le meilleur coefficient  $U_w$  possible (c'est-à-dire le coefficient le plus faible possible), on peut jouer sur trois paramètres.

- Le  $U_g$  est, bien sûr, le plus important car le vitrage occupe la surface la plus grande et contribue pour beaucoup à la performance  $U_w$  de la fenêtre totale.

Couramment les  $U_g$  disponibles se répartissent entre 1.0 à 1.4 W/m<sup>2</sup>/K.

Sur l'un des deux verres composant le double vitrage, il y a une couche bas-émissive. Cette couche est de l'argent (comme vos miroirs de salle de bains) que votre œil ne peut pas voir mais qui est responsable de la réflexion des rayons IR (Infra Rouge) vers l'intérieur. C'est-à-dire que c'est un miroir « parfait » pour empêcher la chaleur de sortir de votre pièce !

Entre les deux vitrages, il y a de l'Argon, un gaz rare qui n'est pas mis à cet endroit par hasard. Il contribue à rendre difficile la convection à l'intérieur de la lame d'air (argon) occluse entre les deux vitres. De ce fait la perte de chaleur est encore un peu plus empêchée. Ce gaz « rare » se trouve dans l'air que l'on respire naturellement et n'a aucune dangerosité. Plus le taux de remplissage du double vitrage est important, meilleur est la performance, c'est la raison pour laquelle, on voit apparaître les certificats de remplissage des vitrages à 90 % (au moins). Il est très difficile en atelier d'atteindre les 100 % (ce qui serait idéal) !

**Commentaire :** au début de l'avènement des doubles vitrages, on avait emprisonné de l'air sec, mais cela s'est vite avéré insuffisant, c'est la raison pour laquelle on est passé à l'argon. On peut aussi trouver du Krypton comme gaz de remplissage, car ce gaz va pouvoir encore améliorer la résistance de la lame à la convection. Mais en France métropolitaine, l'Argon suffit souvent pour satisfaire nos besoins.

Dans l'intercalaire du vitrage, il y a un dessiccant - vous savez les petites billes blanchâtres qui sont des adsorbants d'humidité pour piéger à jamais, au moins pendant la durée de vie du vitrage, la vapeur d'eau qui reste présente lors de la fabrication du double vitrage et éviter ainsi que l'eau ne se condense à l'intérieur des vitres une fois mises en place dans les fenêtres !

- Le  $U_f$  qui qualifie effectivement le coefficient de déperdition thermique de la partie opaque de la fenêtre, c'est-à-dire le profilé dans son ensemble (dormant, ouvrant, recouvrement...).

Les valeurs courantes sont :

- pour des fenêtres Bois ou PVC de l'ordre de 1.7 W/m<sup>2</sup>/K,
- un peu plus si on parle de métal (en général de l'ordre de 2.3 à 3.5 W/m<sup>2</sup>/K).

**Commentaire :** jusqu'à un passé relativement proche (15 ans), le profilé était bien meilleur que le vitrage. A l'époque le vitrage 4-12-4 avait un  $U_g$  de 2,8 W/m<sup>2</sup>/K alors que le profilé avait un  $U_f$  de 1,3 à 1,7 W/m<sup>2</sup>/K. De nos jours le vitrage a un  $U_g$  de 1 à 1,4 W/m<sup>2</sup>/K et le profilé a un  $U_f$  de 1,4 à 1,6 W/m<sup>2</sup>/K.

- Le  $\psi$ , coefficient de déperdition linéique du bord du vitrage (ou panneau de remplissage) en feuillure. C'est en fait un pont thermique direct avec l'extérieur car, par conduction, il y a passage de la chaleur de l'intérieur de la pièce vers l'extérieur. Il faut lutter le plus possible pour empêcher cette perte-là ! C'est la raison pour laquelle, il y a quelques années déjà, on a vu apparaître les « Warm Edges » qui sont une nouvelle génération d'intercalaires. Leur effet principal est de couper la conduction thermique donnée par l'intercalaire traditionnel en aluminium. Pour donner un ordre d'idée, les  $\psi$  vont de 0.01 W/M K à 0.11 W/M.K.

**Commentaire :** il y a quelques années, on se souciait peu de la performance de l'intercalaire car cela n'avait pas d'incidence (ou très peu en tout cas) sur la performance globale de la fenêtre ( $U_w$ ). Mais, avec la généralisation des couches performantes bas émissives, l'influence du pont thermique de l'intercalaire a grandi peu à peu pour être finalement traité, d'abord en changeant de matériau (acier inox par exemple) puis avec les intercalaires en matériaux composites peu conducteurs de la chaleur que l'on appelle les « Warm Edge » (effet de bords chauds, c'est-à-dire conduisant peu la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur). Ce sont finalement des profilés de vitrage à rupture de pont thermique !

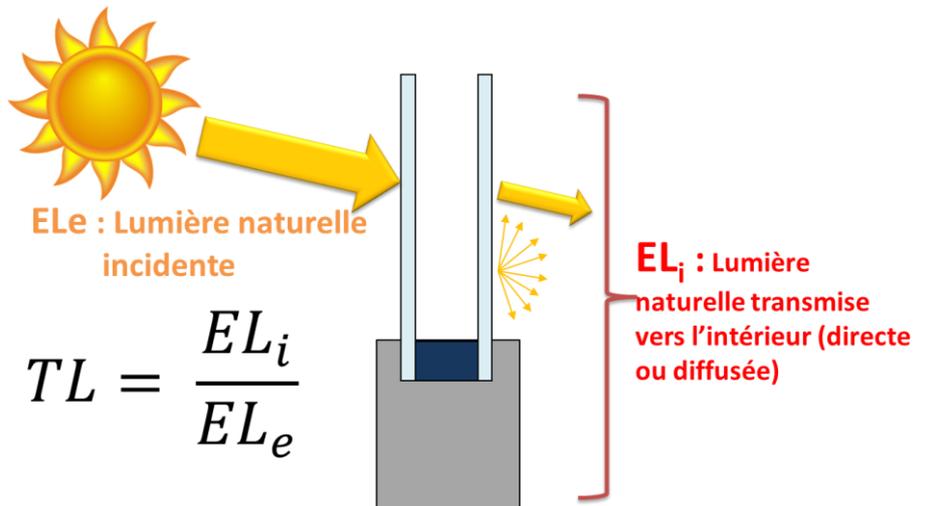
## Une fenêtre = un apport de lumière naturelle

- La transmission lumineuse :  $TL_w$**

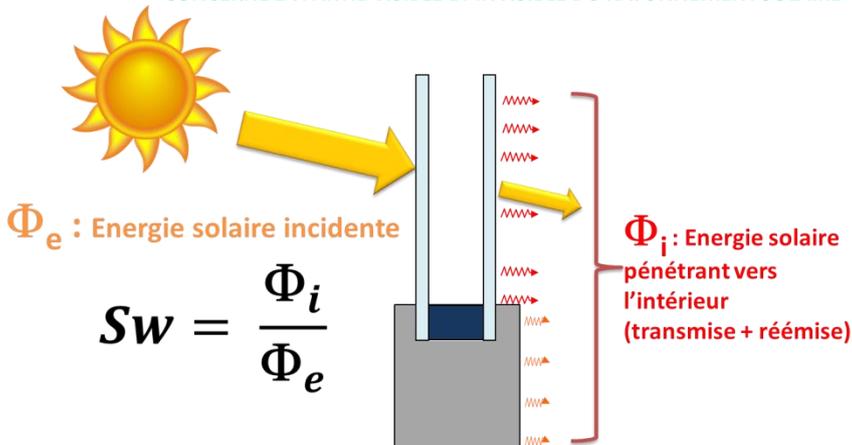
S'exprime sans unité et représente la capacité de votre fenêtre à transmettre le rayonnement solaire visible à l'intérieur.

*Plus le  $TL_w$  est élevé, plus la quantité de lumière qui traverse la fenêtre est élevée.*

NE CONCERNE QUE LA PARTIE VISIBLE DU RAYONNEMENT SOLAIRE



CONCERNE LA PARTIE VISIBLE ET INVISIBLE DU RAYONNEMENT SOLAIRE



- Le facteur solaire :  $S_w$**

S'exprime en %, sans unité et est compris entre 0 et 1. Il représente la capacité de votre fenêtre (vitrage et profilé) à transmettre la chaleur.

*Plus le  $S_w$  est élevé, plus la fenêtre laissera passer l'énergie solaire.*