

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT

INTRODUCTION

Le vitrage est au cœur des problématiques actuelles dans la conception des bâtiments à basse consommation d'énergie BBC.

L'observation et la compréhension des lois d'évolutions des vitrages passent par la mesure et l'analyse de ses caractéristiques physiques.

En effet le vitrage doit répondre à plusieurs critères parfois contradictoires :

- Il ne doit pas laisser sortir la chaleur en hiver,
- Il doit laisser rentrer les apports solaires gratuits en hiver
- Il ne doit pas laisser rentrer trop la chaleur en été
- Il doit laisser passer la lumière

Chaque cas de figure est différent et il est donc nécessaire de trouver le meilleur compromis entre ses différentes caractéristiques physiques.

OBJECTIFS

- Mesurer et analyser l'évolution des performances d'isolation des vitrages en hiver à partir de relevés réels sur 3 bâtiments du lycée datant de différentes époques.
- Mettre en place une expérimentation scientifique permettant de mesurer, d'analyser et de comprendre le comportement de 3 vitrages
- A partir de 2 enceintes chauffées et équipées de vitrages différents, mesurer et analyser la consommation d'énergie pour le chauffage

1^{ERE} PARTIE : MESURE DES COEFFICIENTS U DE 3 VITRAGES

A partir des 3 vitrages suivants :

- Vitrage de Pass i* lab
- Vitrage du bâtiment administratif
- Vitrage du bâtiment en génie civil

1. Quelles sont les technologies de ces 3 vitrages ?
2. Mesurer les épaisseurs des verres et des lames d'air de ces 3 vitrages en utilisant la règle PRISMAVER. Utiliser la notice explicative ou consulter le site internet prismaver.com
3. Mesurer le coefficient U_g de ces 3 vitrages en utilisant l'appareil TESTO 635. Prendre connaissance de la notice de l'appareil.
4. Classer ces 3 vitrages du plus isolant au moins isolant et conclure.
5. Rédiger un compte rendu de vos relevés.

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

RELEVÉ DES CARACTÉRISTIQUES DES VITRAGES

1. Simple vitrage, double vitrage ou triple vitrage ?

Observer le reflet de la flamme d'un briquet dans le vitrage :

- Si vous voyez 2 flammes : c'est un simple vitrage SV
- Si vous voyez 4 flammes : c'est un double vitrage DV
- Si vous voyez 6 flammes : c'est un triple vitrage TV
- Si vous en voyez plus ceci n'est pas normal, vous êtes en état d'ébriété avancé !

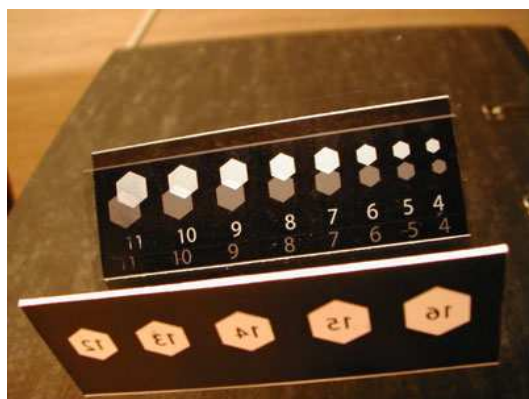
2. Le vitrage est-il pourvu d'une couche "basse émissivité" ?

Si **une des 4 flammes** est bleue, le double vitrage est équipé d'une couche **basse émissivité**.

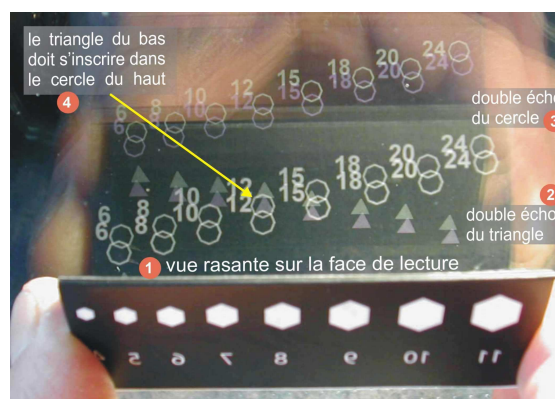


3. Quelle est l'épaisseur des verres et de l'intercalaire ?

Certaines firmes comme PRISMAVER distribuent des lecteurs d'épaisseur de vitrages permettant d'évaluer rapidement l'épaisseur d'un vitrage et de l'espace intercalaire.



Mesure d'un simple vitrage



Mesure d'un double vitrage

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

COMPOSITION DE LA MALETTE TESTO

Le coefficient de transmission thermique « Ug » constitue la valeur la plus importante lors de l'évaluation des caractéristiques thermiques des éléments de construction. L'appareil TESTO 635, permet de calculer le coefficient U, à partir de trois valeurs de température : la température extérieure, la température en surface de la paroi intérieure ainsi que la température de l'air ambiant.

Avec les sondes radio, il est possible de déterminer la température extérieure. La sonde est simplement positionnée à l'extérieur et transmet la valeur de mesure par radio vers l'appareil de mesure.

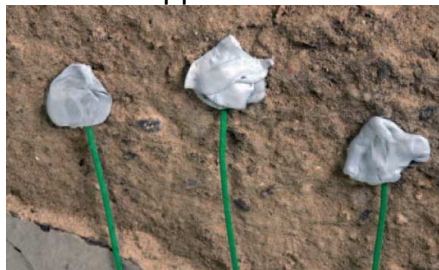
Appareil TESTO 635, version 2.20, livré avec :

- Câble de transfert des données USB, équipement disposant d'une mémoire 10000 valeurs
- CD ROM Driver V 3.4 SP6
- Logiciel de transfert et d'analyse de données "Comfort Software Basic X35 V 3.4 SP6 »



Caractéristiques techniques				
Capteur	Type K (NiCr-Ni)	CTN (Sondes d'humidité)	Capteur capacitif testo	Sonde de pression absolue
Etendue	-200 ... +1370 °C	-40 ... +150 °C	0 ... +100 %HR	0 ... 2000 hPa
Précision ±1 Digit	±0.3 °C (-60 ... +60 °C) ±(0.2 °C + 0.3% v.m.) (étendue restante)	±0.2 °C (-25 ... +74.9 °C) ±0.4 °C (-40 ... -25.1 °C) ±0.4 °C (+75 ... +99.9 °C) ±0.5% v.m. (étendue restante)		
Résolution	0.1 °C	0.1 °C	0.1 %HR	0.1 hPa
Temp. utilis.	-20 ... +50 °C			
Temp. de stock.	-30 ... +70 °C			
Type de pile	Alcaline manganèse, type AA			
Autonomie	200 h			
Poids	428 g			
Dimensions	220 x 74 x 46 mm			

Sonde de température avec triple capteur (sonde de coefficient U) pour déterminer la température de surface du mur (Tw) et la température ambiante (Ti). La température ambiante est mesurée avec la soudure froide au niveau du boîtier de l'appareil de mesures.



Mesure de la température de la paroi en surface avec trois capteurs thermocouple rapides

Sonde radio de température extérieure (CTN) :

radio avec tête de mesure pour pénétration/immersion/ambiance	Etendue	Précision	Résolution	t ₉₉
radio avec tête de sonde TC de ion, immersion, ambiance	-50 ... +350 °C court terme: +500 °C	Poignée radio: ±(0.5 °C + 0.3% v.m.) (-40 ... +500 °C) ±(0.7 °C + 0.5% v.m.) (étendue restante) Tête de sonde TC: Classe 2	0.1 °C (-50 ... +199.9 °C) 1.0 °C (étendue restante)	t ₉₉ (dan de l'eau 10 sec.



Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

MODE D'EMPLOI POUR EFFECTUER UNE MESURE DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE « U »

Etape 1 : Emplacement de l'appareil

- ❖ Positionner la sonde radio à l'extérieur du bâtiment.
- ❖ Positionner l'appareil à hauteur de la sonde de détermination du coefficient U en respectant une distance de 30 cm par rapport au mur. Mettre en marche la sonde radio.



Etape 2 : Positionnement de la sonde contact

- ❖ Fixer la sonde de température pour la détermination du coefficient U sur le côté intérieur de la paroi à l'aide de la pâte à fixe livrée avec la sonde.
- ❖ Respecter une distance de 10 cm entre chaque capteur de la sonde



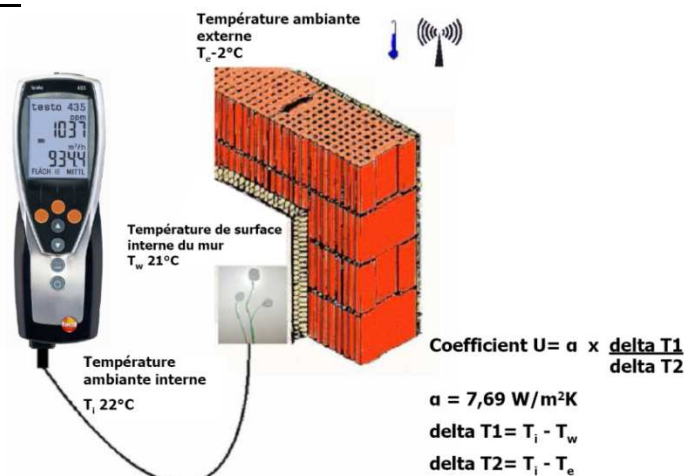
Conditions pour effectuer une mesure correcte :

- ❖ Un écart de température entre intérieur et extérieur important (idéal > 15°C)
- ❖ Coefficient de transfert Alpha correctement paramétré dans l'appareil (facteur = 7,69)
- ❖ Ne pas toucher la sonde ou la fiche durant la mesure
- ❖ Durée de mesure suffisante, attendre la stabilisation des températures.

Mesures effectuées par l'appareil :

- ❖ Température ambiante interne (T_i), avec la soudure froide au niveau de l'appareil TESTO 635.
- ❖ Température de surface des murs interne (T_w), avec la sonde de coefficient U fixée en surface du mur.
- ❖ Température extérieure (T_e), avec la sonde radio placée à l'extérieur.

Exemple d'installation :



Le programme de calcul de l'appareil détermine à partir de la relation ci-dessus, le coefficient de transfert thermique de la paroi (U).

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

2^{EME} PARTIE : MESURES DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DE 3 VITRAGES

Vous allez mettre en place une expérimentation scientifique à partir d'une maquette pédagogique équipée d'un éclairage artificiel, de 3 vitrages et 2 appareils de mesure (solarimètre et luxmètre).

Cette expérience va vous permettre de mesurer, d'analyser et de comprendre le comportement d'un simple vitrage, d'un double vitrage et d'un triple vitrage par rapport aux apports solaires gratuits et aux apports d'éclairage naturel.

- **Expérience 1 : mesure du facteur solaire**

Mettre en place sur le support adapté l'éclairage artificiel

Mettre en place le solarimètre

Réaliser une mesure du flux solaire ambiant

Orienter l'éclairage horizontalement puis l'allumer

Réaliser une première mesure du flux solaire incident sans vitrage

Interposer une première vitre puis réaliser de nouveau la mesure

Interposer une seconde vitre puis réaliser de nouveau la mesure

Interposer une troisième vitre puis réaliser de nouveau la mesure

Calculer alors dans le tableau ci-joint, le facteur solaire d'un simple, double et triple vitrage

- **Expérience 2 : mesure du facteur solaire**

Mettre en place sur le support adapté l'éclairage artificiel

Mettre en place le luxmètre

Réaliser une mesure de l'éclairement naturel

Orienter l'éclairage horizontalement puis l'allumer

Réaliser une première mesure de l'éclairement sans vitrage

Interposer une première vitre puis réaliser de nouveau la mesure

Interposer une seconde vitre puis réaliser de nouveau la mesure

Interposer une troisième vitre puis réaliser de nouveau la mesure

Calculer alors dans le tableau ci-joint, le facteur de transmission lumineux d'un simple, double et triple vitrage

- **Analyser et conclure quand aux lois d'évolutions des vitrages.**

- **Rédiger un compte rendu de vos expériences.**

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

RELEVES DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES VITRAGES

EXPERIENCE 1 : Mesure du Facteur solaire F_s

Type de vitrage	Caractéristiques	Flux solaire (W/m ²)	Facteur solaire F_s
Sans éclairage			
Sans vitrage			
Simple vitrage			
Double vitrage			
Triple vitrage			

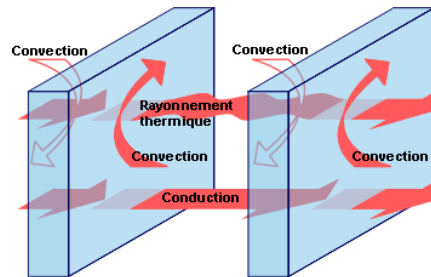
EXPERIENCE 2 : Mesure de la Transmission Lumineuse T_L

Type de vitrage	Caractéristiques	Eclairement (Lux)	Transmission Lumineuse T_L
Sans éclairage			
Sans vitrage			
Simple vitrage			
Double vitrage			
Triple vitrage			

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES VITRAGES

Le transfert de chaleur au travers d'une fenêtre se déroule selon 3 mécanismes combinés : la conduction, la convection et le rayonnement thermique.

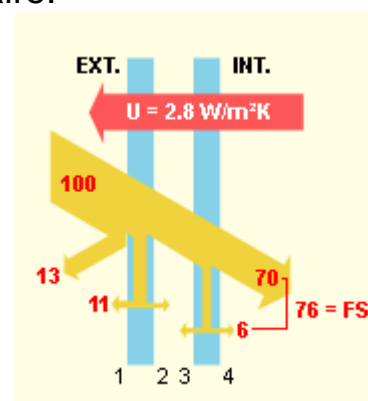
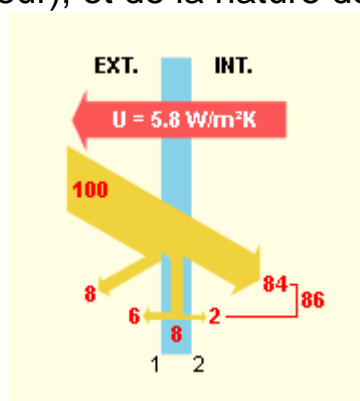


Un vitrage est caractérisé par 3 coefficients :

- Le coefficient de conductivité thermique U_g en ($W/m^2.K$)
- Le facteur solaire F_s
- Le coefficient de transmission lumineuse T_L .

1. Le coefficient de conductivité thermique U_g

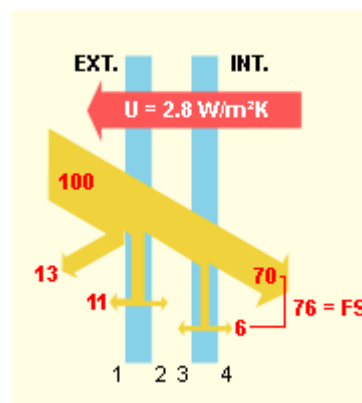
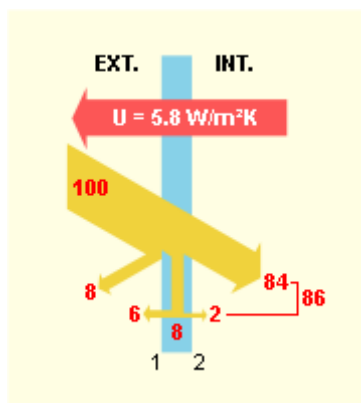
L'isolation thermique d'un vitrage est caractérisée par le coefficient U_g . Plus il est faible, meilleure est la performance thermique. Il représente la quantité de chaleur, exprimée en Watt (W), qui traverse une paroi d'une surface de 1 m^2 quand il y a un écart de température de 1°K entre les ambiances séparées par celle-ci [coefficient U_g en $W/(m^2.K)$]. Pour des conditions identiques de mise en œuvre et d'environnement (vent, température), le coefficient U dépend essentiellement des caractéristiques de l'espace de gaz (nature et épaisseur), des composants verriers (émissivité et dans une moindre mesure de leur épaisseur), et de la nature de l'intercalaire.



Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

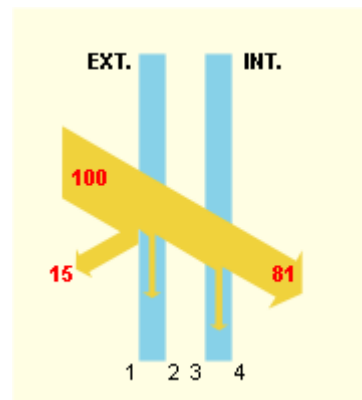
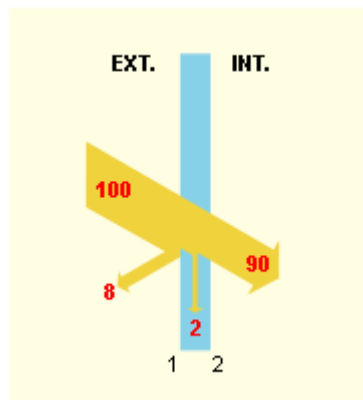
2. Le facteur solaire F_s

Une paroi vitrée est plus ou moins transparente au rayonnement énergétique solaire. Sa capacité à récupérer de l'énergie solaire gratuite est liée à son facteur solaire, qui représente le pourcentage d'énergie entrant dans le local par rapport à l'énergie solaire incidente. Plus le facteur solaire est petit, plus les apports solaires sont faibles.



3. Le coefficient de transmission lumineuse TL

Le double vitrage assure un aspect neutre en réflexion et une grande transparence. Il est caractérisé par un coefficient de transmission lumineuse élevé, mais néanmoins inférieur à celui d'un simple vitrage.



Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

MESURE DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES VITRAGES

1. Mesure du Coefficient Ug

Le relevé de la température ambiante interne, de celle de surface interne du vitrage (thermomètre de contact) et ambiante externe permet de déterminer par formule simplifiée le coefficient Ug de transmission thermique du vitrage. La valeur calculée de Ug différencie les doubles vitrages simples de ceux à basse émissivité ainsi que des triples vitrages.

2. Mesure du facteur solaire FS

La mesure du facteur solaire sera réalisée sur un vitrage exposé à un rayonnement solaire.

On peut alors évaluer le **Facteur solaire F_S** d'un vitrage en comparant les **flux solaires** mesurés avec un **solarimètre (W/m^2)** lorsque le vitrage est présent puis lorsque le vitrage est retiré.

$$\text{Facteur solaire } F_S = \text{Flux solaire sans vitrage} / \text{Flux solaire avec vitrage}$$

3. Mesure du coefficient de transmission lumineux T_L

La mesure du facteur solaire sera réalisée sur un vitrage exposé à un rayonnement solaire.

On peut alors évaluer le coefficient de **transmission lumineux T_L** d'un vitrage en comparant les **éclairagements** mesurés avec un **luxmètre (lux)** lorsque le vitrage est présent puis lorsque le vitrage est retiré.

$$\text{Transmission lumineuse } T_L = \text{Eclairement sans vitrage} / \text{Eclairement avec vitrage}$$

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

3^{EME} PARTIE : SIMPLE VITRAGE / DOUBLE VITRAGE

Vous allez mettre en place une expérimentation scientifique à partir d'une maquette pédagogique comportant 2 enceintes thermiques chauffées et régulées.

Cette expérience va vous permettre d'analyser le comportement thermique d'une enceinte équipée d'un simple vitrage et d'une enceinte équipée d'un double vitrage.

- **Préparation de la maquette**

Assembler la maquette sans mettre le toit

Préparer l'enceinte 1 : mettre en place un simple vitrage

Préparer l'enceinte 2 : mettre en place un double vitrage

- **Préparation du système de chauffage**

Placer sur le sol et au centre de chaque enceinte une résistance chauffante de puissance 22 W avec la sonde de régulation.

Brancher chaque résistance chauffante à un régulateur de chauffage.

Régler la consigne de régulation de chauffage à 30°C dans chaque enceinte.

Ne pas alimenter en électricité pour le moment.

- **Préparation de l'instrumentation**

Placer dans chaque enceinte une sonde de température Pt100 mesurant l'air ambiant. Positionner les sondes au même emplacement dans les 2 enceintes et pas trop proches des résistances chauffantes.

Mettre en place le toit de la maquette.

- **Préparation de la campagne de mesure**

Relier les 2 sondes de température à l'appareil TESTO.

Vérifier le bon fonctionnement de l'appareil.

Préparer un tableau permettant de relever les 2 températures toutes les minutes pendant 30 minutes.

Alimenter les 2 résistances chauffantes simultanément

Relever les températures toutes les minutes pendant 30 minutes

Lycée GAUDIER BRZESKA	Créativité et Innovation Technologique	Année 2010-11
Etude de cas n°3 Comment se chauffer sans chauffer la planète ?	ILOT 2 : EVOLUTION DES VITRAGES DE L'HABITAT	2 heures Séance 2

- **Rédaction du compte rendu d'expérience**

Rédiger le compte rendu de l'expérience en respectant les 3 parties suivantes :

- ✓ Présentation de l'expérience (texte + photos)
- ✓ Graphique de l'expérience (tableau + graphique excel)
- ✓ Analyse de l'expérience (texte)
- ✓ Calculs scientifiques de l'expérience (voir ci-dessous)
- ✓ Conclusion de l'expérience (loi d'évolution)

- **Questions à aborder**

Quelle est la température d'équilibre de chaque enceinte ?

Combien de temps est il nécessaire pour atteindre cette température d'équilibre ?

Calculer l'énergie électrique de chauffage consommée par chaque enceinte pendant la durée de l'expérience de 30 minutes.

Calculer en % les différences d'énergies consommées.