



HAL
open science

Évolution de la méthode de calcul de la réglementation thermique pour les apports en lumière du jour : Prise en compte de l'influence de la partie vitrée en-dessous du plan utile

Margaux Radic, Michel Perraudau, Christophe Martinsons

► To cite this version:

Margaux Radic, Michel Perraudau, Christophe Martinsons. Évolution de la méthode de calcul de la réglementation thermique pour les apports en lumière du jour : Prise en compte de l'influence de la partie vitrée en-dessous du plan utile. Rapport technique n° DSC/ECE 18.13 L, CSTB - Centre scientifique et technique du bâtiment, France. 2018. hal-04862978

HAL Id: hal-04862978

<https://cstb.hal.science/hal-04862978v1>

Submitted on 3 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Évolution de la méthode de calcul de la RT pour les apports en lumière du jour

Prise en compte de l'influence de la
partie vitrée en-dessous du plan utile

Margaux RADIC

Christophe MARTINSONS
Chef de la Division Éclairage et Champs Électromagnétiques

N/Réf. DSC/ECE 18.13.L

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

24 Rue Joseph Fourier 38400 SAINT-MARTIN-D'HERES

Tél. : +33 (0)4 76 76 25 25 – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

Évolution de la méthode de calcul de la RT pour les apports en lumière du jour

Prise en compte de l'influence de la
partie vitrée en-dessous du plan utile

Auteur(s)	Approbation	Vérificateur
Margaux RADIC	Michel PERRAUDEAU	Michel PERRAUDEAU

Sommaire

1 – LE CONTEXTE	4
2 – PRESENTATION DE L'ETUDE PARAMETRIQUE	5
2.1 – Le local considéré	5
2.1.1 – Dimensions étudiées	5
2.1.2 – Matériaux choisis.....	6
2.2 – Les outils de simulations et exploitations.....	6
3 – LES RESULTATS : OBSERVATIONS ET ANALYSES	7
3.1 – Par la simulation : Calcul paramétrique	7
3.2 – Comparaison entre la théorie et un cas simulé.....	10
3.2.1 – Résultat d'une simulation.....	10
3.2.2 – Formule BRE en ne considérant que la surface vitrée au-dessus du PU	10
3.2.3 – Formule BRE en considérant que la surface vitrée totale	11
4 – LES LIMITES DE LA COMPARAISON	12
4.1 – Gain de l'apport lumière du jour	12
4.2 – Formule pondérée proposée	14
5 – CONCLUSION	16

1 – Le contexte

Dans la RT2020, il est proposé d'estimer le facteur lumière du jour d'un local, en s'appuyant sur la formule du BRE (British Research Establishment) sur une grille de points à la hauteur du plan utile usuel, soit à 0.8m de hauteur. Or, habituellement la partie vitrée est toujours au-dessus du plan utile et nous prenons donc la surface vitrée totale. Cependant, dans le cas où la surface vitrée s'étend en-dessous du plan utile, la formule du BRE ne permet pas de prendre en compte correctement la lumière apportée par la partie basse du vitrage.

<p>Formule du BRE $FLJ = K \times S_{vitrée \text{ au dessus du plan utile}}, \text{ avec } K = \frac{\tau_{df} \times \theta_{\text{angle de vue du ciel}}}{S_{totale} \times (1 - \rho_{moy}^2)}$</p>
--

Avec τ_{df} : Transmission lumineuse en incidence diffuse

S_{totale} : Surface totale des parois intérieures y compris les vitrages

ρ_{moy} : facteur de réflexion lumineuse moyen des parois intérieures

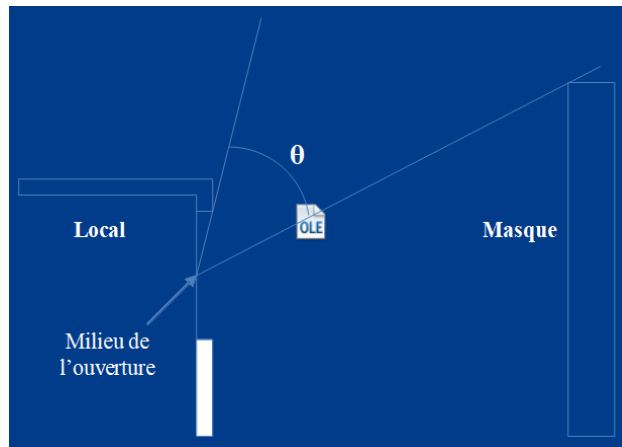


Figure 1: Schématisation de l'angle de vue du ciel θ

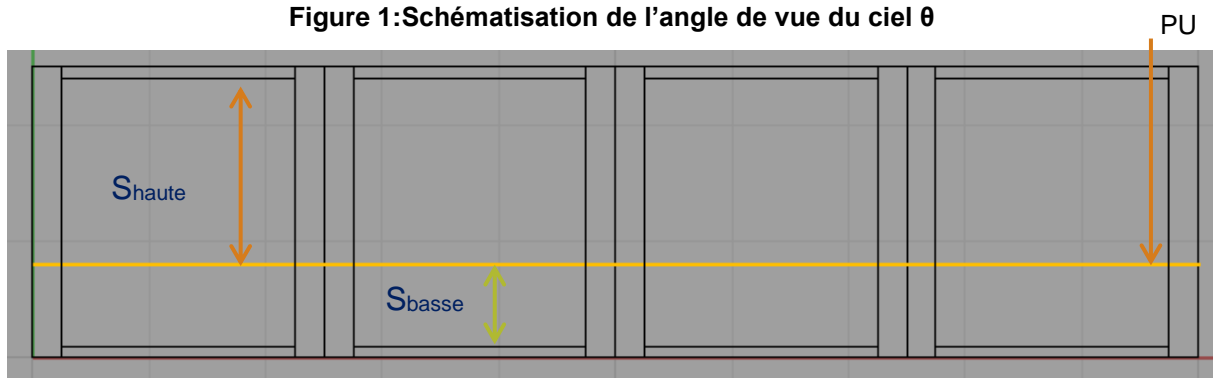


Figure 2: Schématisation des notions

En effet si nous prenons en compte seulement la partie vitrée au-dessus du plan utile, nous allons sous-estimer l'apport en éclairage naturel et nous allons surestimer les besoins en éclairage artificiel, et inversement si l'on considère toute la surface vitrée.

L'objectif de cette étude est de fournir une équation permettant d'utiliser la formule établie par le BRE tout en incluant l'apport en lumière naturelle transmis par la partie vitrée en-dessous du plan utile. Nous cherchons à déterminer le FLJ (Facteur Lumière du Jour) sous la forme :

$$FLJ = K \times S_{\text{vitrée au dessus du plan utile}} (1 + \alpha), \text{ avec } K = \frac{\tau_{df} \theta_{\text{angle de vue du ciel}}}{S_{\text{totale}} (1 - \rho_{\text{moy}}^2)} \text{ et } 0 < \alpha < \frac{S_{\text{basse}}}{S_{\text{haute}}}$$

2 – Présentation de l'étude paramétrique

2.1 – Le local considéré

Le fichier 3D du local est généré depuis des procédures VBA Excel où nous allons faire varier la profondeur, le nombre de fenêtres (et donc la largeur du local), la hauteur de l'allège ainsi que les facteurs de réflexion.

Le plan utile est un plan utile virtuel situé à 0,8 m du sol en excluant 50 cm le long de chaque paroi murale.

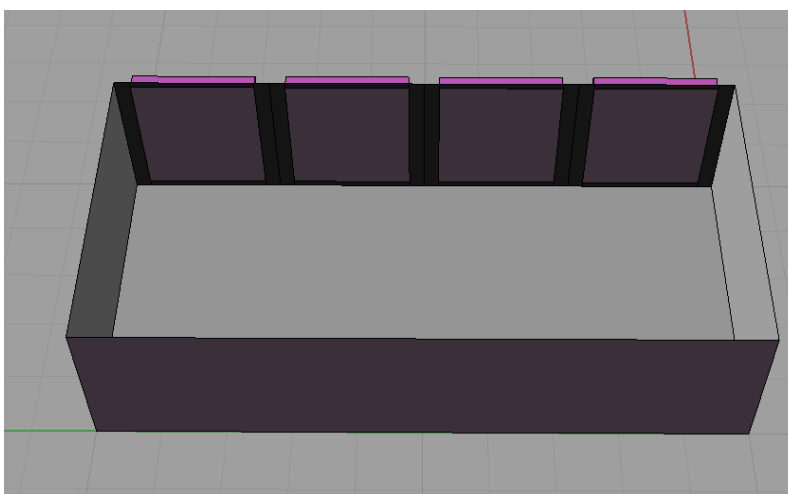


Figure 3: Vue d'ensemble d'une configuration de local

2.1.1 – Dimensions étudiées

Dans le but d'avoir un échantillon de valeurs assez important et significatif, nous avons configuré des locaux et des ouvertures de différentes tailles.

Voici dans ce tableau les différentes dimensions du local qui vont varier au cours de la simulation.

Profondeur (m)		Nb de fenêtre Largeur du local associée(m)				Épaisseur de mur (m)
5	7	1 2,5	2 5	3 7,5	4 10	0,25

Tableau 1: Caractéristiques du local

Hauteur vitrée au-dessus du Pu (m)	Hauteur vitrée en-dessous du PU(m)=0.8-Allège								Largeur du vitrage		
1,6	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,25	1,625	2

Tableau 2:Caractéristiques des vitrages

2.1.2 – Matériaux choisis

Les parois intérieures et extérieures sont prises parfaitement diffusantes avec les valeurs de facteur de réflexion du tableau ci-dessous.

ρ_{sol}			ρ_{murs}				$\rho_{plafond}$			$\rho_{façade}$	Transmission Lumineuse	ρ_{Ext}			
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,35	0,7	0	0,1	0,2	0,3

Tableau 3: Facteurs de réflexion

2.2 – Les outils de simulations et exploitations

Les simulations ont été effectuées avec le logiciel de photosimulation PHANIE et le module de calcul de l'éclairage naturel dynamique BilEclInt développés par le CSTB. Le paramétrage des calculs et leur lancement s'effectue depuis une procédure VBA Excel.

Pour le traitement des données, nous sommes passés par Excel. Nous avons alors calculé le $FLJ_{relatif}$, la hauteur $relative$ et le facteur de réflexion moyen pour chaque cas de figure.

$$(1) \quad FLJ_{relatif} = \frac{FLJ_{Allège} - FLJ_{Allège=0.8}}{FLJ_{allege=0.8}}$$

$$(2) \quad Hauteur_{relative} = \frac{H_{PU} - H_{Allège}}{H_{au\ vitrage\ au\ dessus\ du\ PU}}$$

$$(3) \quad \rho_{moy} = \frac{\rho_{sol}S_{sol} + \rho_{murs}S_{murs} + \rho_{plafond}S_{plafond}}{S_{total}}$$

La Hauteur_{relative} est la proportion de vitrage en plus et qui n'est pas prise en compte dans la formule.

Le FLJ_{relatif} est la proposition de lumière du jour dont le local bénéficierait en plus grâce à la proportion de vitrage en plus.

3 – Les résultats : observations et analyses

3.1 – Par la simulation : Calcul paramétrique

Nous avons décidé de tracer le FLJ_{relatif} en fonction de la hauteur_{relative}.

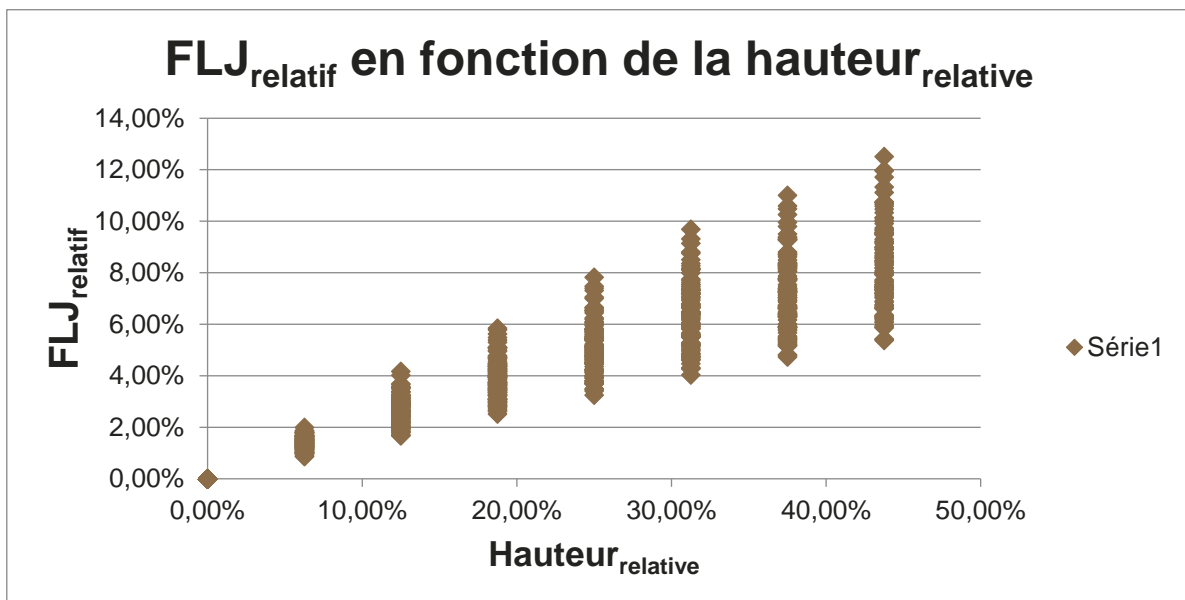


Figure 4: FLJ_{relatif} en fonction de la hauteur_{relative}

Nous avons pu mettre en avant que la profondeur, la largeur du local jouaient très peu sur les valeurs du FLJ.

Nous avons pu également noter qu'en jouant sur les facteurs de réflexion séparément, les résultats ne fluctuaient pas beaucoup.

C'est pourquoi nous avons pris l'initiative de calculer le facteur de réflexion moyen du local. Nous avons pu mettre en avant que les valeurs fluctuent en fonction du facteur de réflexion moyen.

Sur le graphique ci-dessous, il est représenté l'influence du facteur de réflexion moyen pour toutes les configurations pour un local de profondeur 5 m et un facteur de réflexion du sol extérieur à 0,2. Nous observons que les valeurs sont confondues ou extrêmement proches pour un même facteur de réflexion moyen.

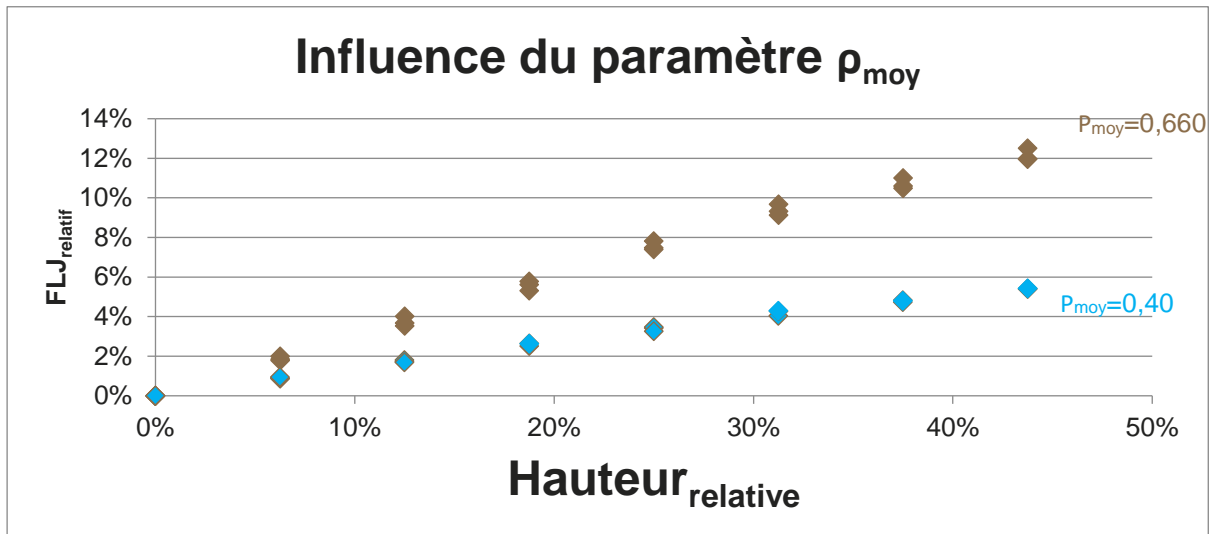


Figure 5: Influence du paramètre ρ_{moy}

Au cours de nos simulations, nous avons pu noter que le facteur de réflexion extérieur jouait un rôle non négligeable.

Nous avons donc décidé de relever le coefficient directeur de la courbe de tendance pour chaque valeur de facteur de réflexion moyen. La courbe de tendance est de la forme $FLJ_{relatif} = c \cdot Hauteur_{relative}$. Puis nous avons tracé ces coefficients directeurs en fonction des facteurs de réflexion moyens.

En traçant une courbe de tendance, nous arrivons à établir une première formule qui relierait le $FLJ_{relatif}$ en fonction de la $Hauteur_{relative}$ et le facteur de réflexion moyen.

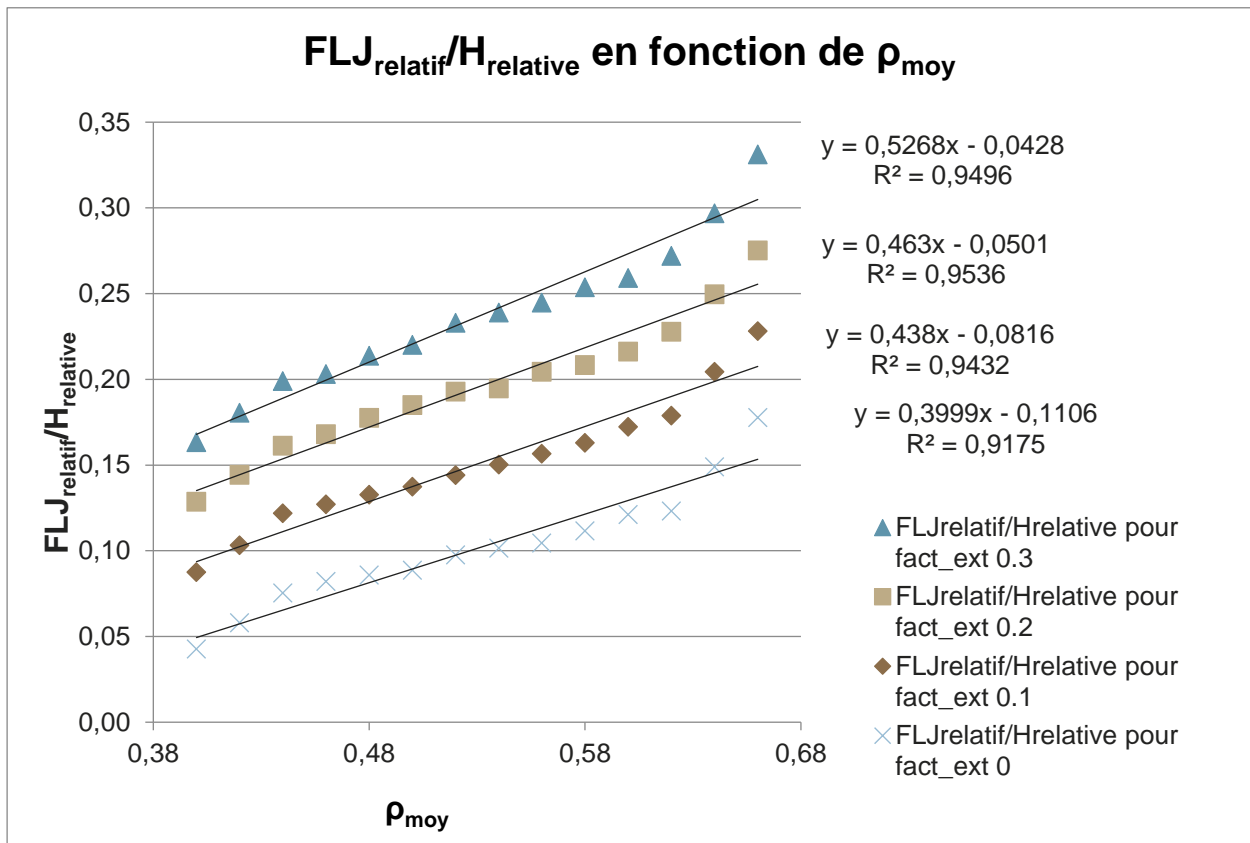


Figure 6: FLJ_{relatif}/H_{relative} en fonction de ρ_{moy}

Nous avons représenté les résultats pour différents environnements extérieurs dans le but de connaître la plage de variation du rapport en fonction de l'environnement extérieur.

Nous remarquons que pour les facteurs de réflexion de l'environnement extérieur, nous avons la même allure de courbe traduite d'un certain coefficient, qui serait lié au facteur de réflexion extérieur.

C'est pourquoi, nous proposons pour la suite des calculs d'établir une courbe moyenne ayant un coefficient directeur moyen des quatre courbes.

Nous trouvons alors cette courbe ci :

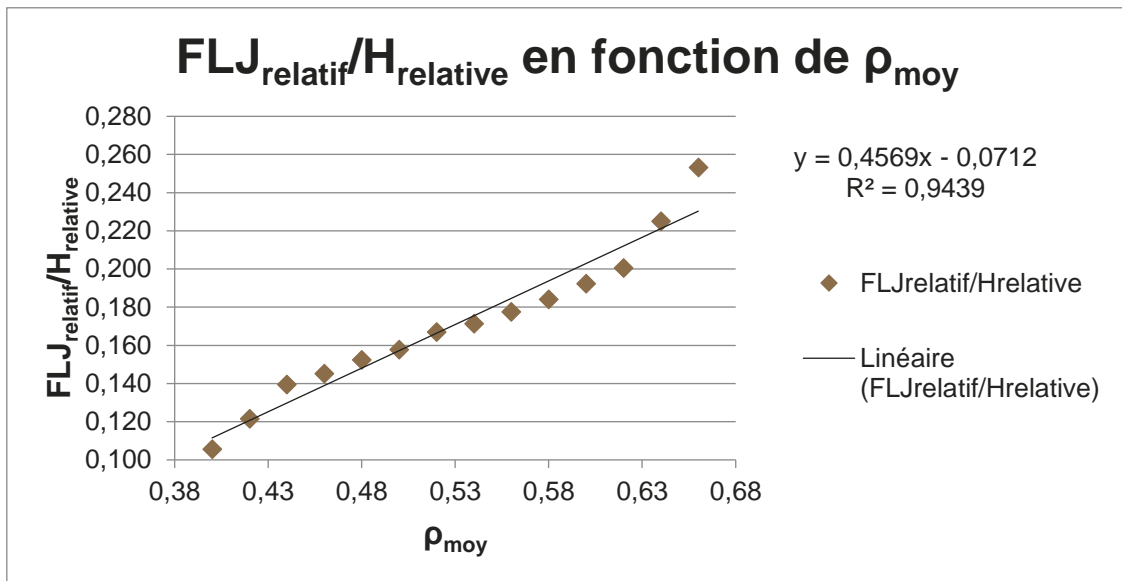


Figure 7: $FLJ_{relatif}/H_{relative}$ en fonction de ρ_{moy}

Nous trouvons que : (4) $FLJ_{relatif} = Hauteur_{relative}(a\rho_{moy} + b)$, avec $a=0,457$ et $b=-0,0712$.

À titre indicatif, afin d'intégrer le facteur de réflexion de l'environnement extérieur, nous donnons une formule possible qui permet cela.

Nous trouvons que : (5) $FLJ_{relatif} = Hauteur_{relative}(a\rho_{moy} + b + c\rho_{ext})$, avec $a=0,457$ et $b=-0,1069$ et $c=0,2313$.

3.2 – Comparaison entre la théorie et un cas simulé

Nous allons effectuer la comparaison sur un cas de local c'est-à-dire :

- Profondeur 5 m
- Facteurs de réflexion 752
- Allège 0,1 m
- Nb fenêtres 4
- Largeur des fenêtres 2 m
- $P_{ext}=0,2$

3.2.1 – Résultat d'une simulation

Pour le calcul Phanie, nous obtenons un **FLJ de 4,13 %**

3.2.2 – Formule BRE en ne considérant que la surface vitrée au-dessus du PU

Pour le calcul théorique, nous utilisons la formule suivante :

$$(6) \quad FLJ = \frac{\tau_{df} S_{vitrée \text{ au dessus du plan utile}} \theta_{\text{angle de vue du ciel}}}{S_{totale} (1 - \rho_{moy}^2)}$$

Pour l'application numérique, nous avons pris :

- $\tau_{df}=0,85*TL$
- $\theta_{\text{angle de vue du ciel}}=73^\circ$
- $S_{\text{totale}}=175\text{m}^2$
- $\rho_{\text{moy}}=0,47$
- $S_{\text{vitrée au-dessus PU}}=12,8 \text{ m}^2$

Nous obtenons **FLJ= 4,08 %**

3.2.3 – Formule BRE en considérant que la surface vitrée totale

Pour le calcul théorique, nous utilisons la formule suivante :

$$(7) \quad FLJ = \frac{\tau_{df} S_{\text{vitrée totale}} \theta_{\text{angle de vue du ciel}}}{S_{\text{totale}} (1 - \rho_{\text{moy}}^2)}$$

Pour l'application numérique, nous avons pris :

- $\tau_{df}=0,85*TL$
- $\theta_{\text{angle de vue du ciel}}=73^\circ$
- $S_{\text{totale}}=175 \text{ m}^2$
- $\rho_{\text{moy}}=0,47$
- $S_{\text{vitrée totale}}=18,4 \text{ m}^2$

Nous obtenons **FLJ= 5,86 %**

À première vue, les résultats nous semblent cohérents. En effet, nous trouvons bien que le résultat Phanie, est compris entre les deux résultats théoriques. De plus, nous avons montré que la prise en compte de toute la surface vitrée dans le calcul théorique surestime nettement l'apport en lumière naturelle.

Cependant, nous notons que le résultat simulé est du même ordre de grandeur que celui du calcul théorique qui ne prend qu'en compte la surface vitrée au-dessus du plan utile.

Cette proximité n'est pas cohérente avec nos attentes. En effet, nous pensions que la partie du vitrage positionné en-dessous du plan utile aurait une plus grande répercussion sur les apports en lumière du jour.

C'est pourquoi, nous allons essayer de trouver une explication à cette proximité.

4 – Les limites de la comparaison

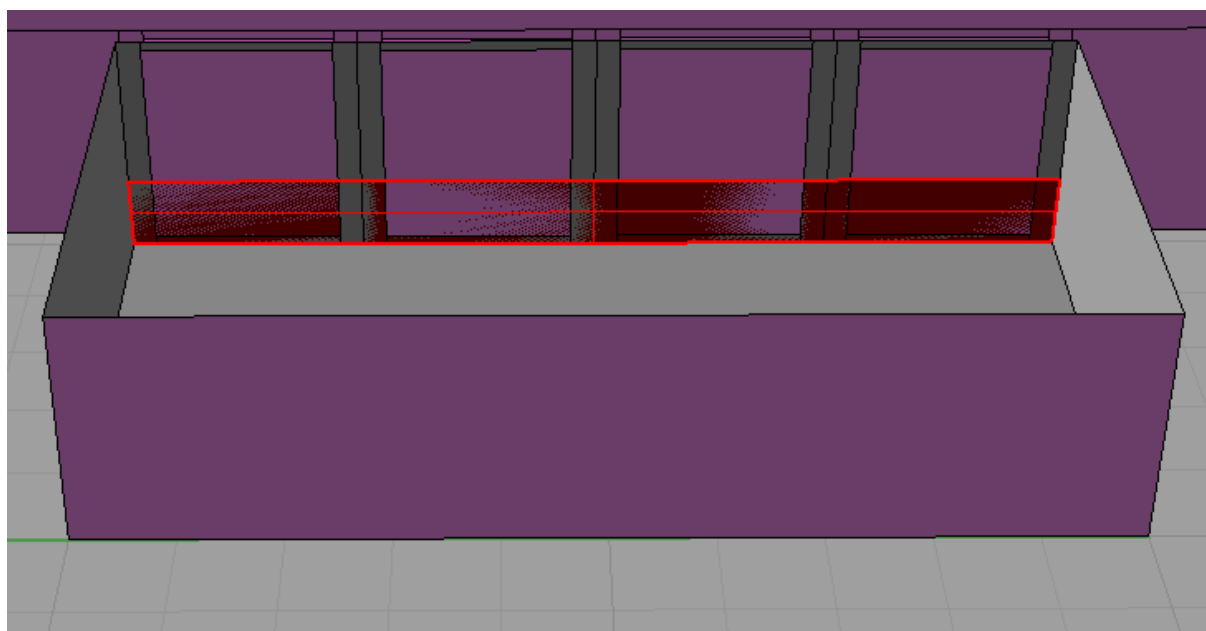
Pour expliquer le phénomène précédent, nous pouvons émettre deux hypothèses qui rendent les résultats de la comparaison entre les calculs théoriques et les simulations Phanie non conformes à nos attentes.

La première explication est le fait qu'en utilisant la formule du BRE nous arrivons à prendre en compte que la surface vitrée supérieure alors que lors de la simulation, il faudrait introduire un élément qui obstruerait la partie basse du vitrage.

La deuxième explication est que dans le calcul, nous considérons un vitrage unique et non quatre fenêtres distinctes.

Nous allons vérifier ces hypothèses.

4.1 – Gain de l'apport lumière du jour



Par calcul Phanie, en obstruant la surface vitrée en-dessous du plan utile, nous obtenons un facteur lumière du jour de 3,92 %. Nous avons donc un gain en apport d'éclairage naturel par le vitrage bas de 5 %.

Nous avons bien montré que pour comparer la théorie avec la pratique, il faut se mettre dans les mêmes configurations.

Autre phénomène que nous souhaitons mettre en avant est la possibilité que si nous passons d'un local à quatre fenêtres à un local avec une fenêtre unique, les résultats entre simulation et théorie seront plus cohérents. En effet, dans la formule du BRE ne tient pas compte de l'espacement entre les ouvertures. L'apport de lumière du jour n'est pas le même dans Phanie quand nous avons quatre fenêtres ou bien une seule. En effet, l'épaisseur de mur est plus pénalisante avec quatre fenêtres qu'avec une seule fenêtre.

Nous allons donc remplacer dans notre géométrie nos quatre fenêtres par un vitrage unique de même surface.

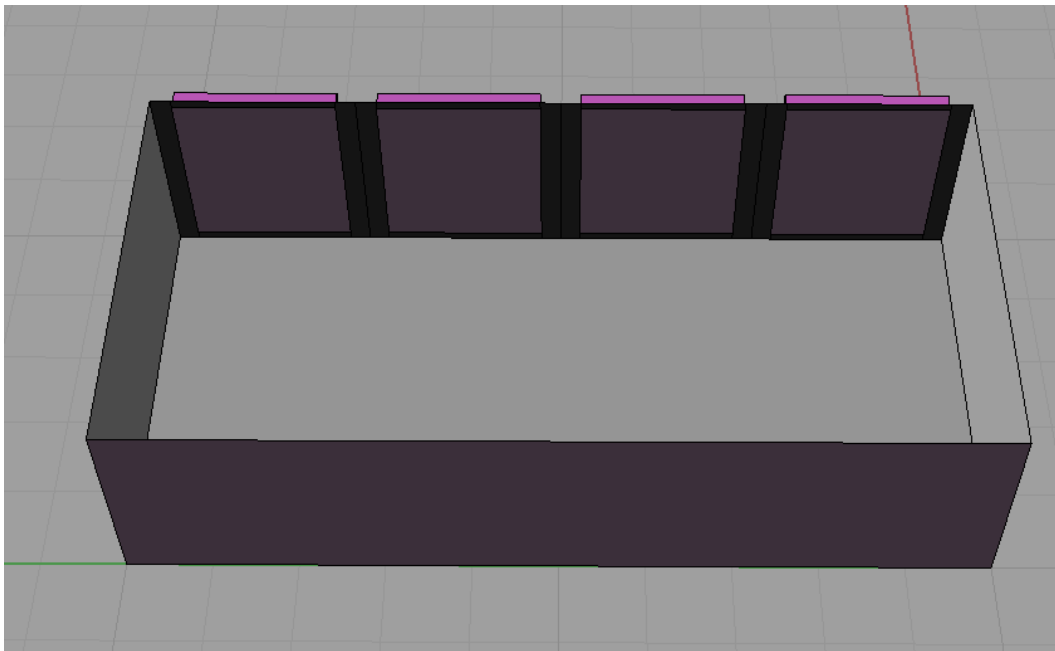


Figure 8: Vue dans Rhinoceros-Modélisation initiale

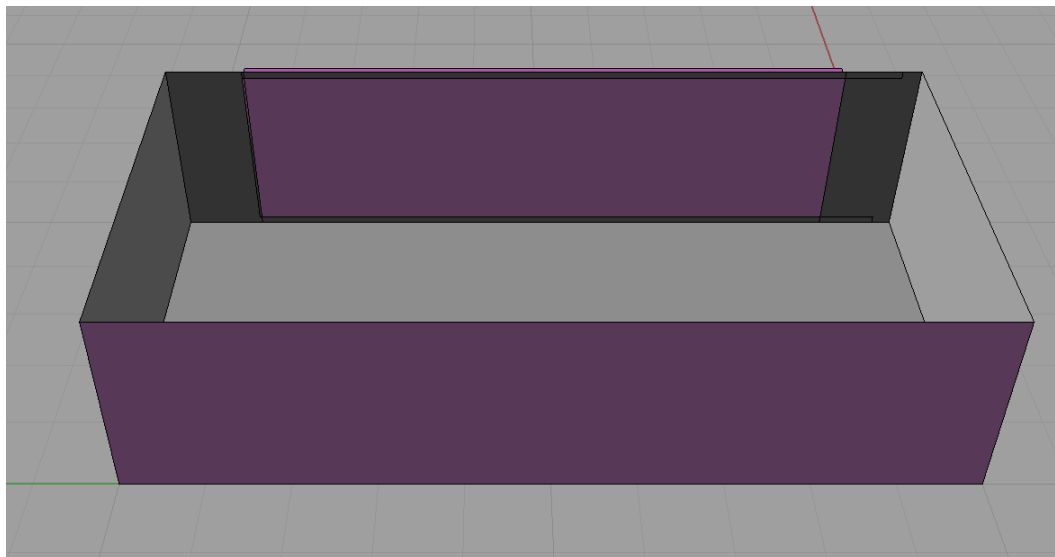


Figure 9: Vue dans Rhinoceros-Modélisation d'une fenêtre unique de même surface vitrée que la modélisation initiale

Ainsi, nous obtenons les résultats suivants :

Type d'ouverture		4 ouvertures Surface vitrée au-dessus du PU uniquement	Ouverture unique Surface vitrée au- dessus du PU uniquement	4 Ouvertures Surface vitrée totale	Ouverture unique Surface vitrée totale
CALCUL PHANIE	FLJ	3,92 %	4,66 %	4,13 %	4,96 %
FORMULE BRE	FLJ	4,08 %		5,86 %	

Tableau 4: Comparaison des différents résultats

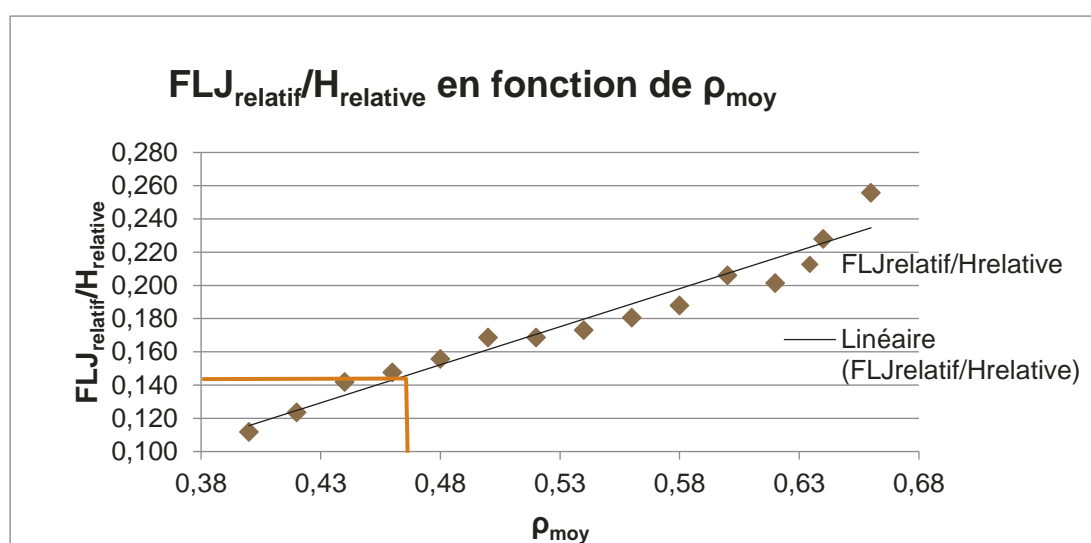
Nous observons bien que la proportion du vitrage en-dessous du plan utile à son importance.

Le résultat donné par le calcul PHANIE intègre tout de suite la partie basse du vitrage correctement. De plus, grâce à l'ouverture unique, notre résultat simulé reste en adéquation avec l'encadrement proposé.

Pouvons-nous trouver maintenant une relation générale permettant de pondérer le résultat donné par la formule BRE dans le but de prendre en compte la partie vitrée sous le plan utile ?

4.2 – Formule pondérée proposée

Sur l'exemple précédent, notre surface vitrée a augmenté de 43 %. Si nous reprenons le graphique donnant le $FLJ_{\text{relatif}}/H_{\text{relative}}$ en fonction du ρ_{moy} , nous trouvons pour un $\rho_{\text{moy}} = 0,47$ que le rapport est égal à 0,144.



Ainsi, $FLJ_{\text{relatif}} = 0,144 H_{\text{relative}} = + 6,19 \%$

Vérifions que l'apport de lumière du jour calculé graphiquement correspond à la valeur calculée avec la formule (5) établie plus haut.

$$FLJ_{relatif} = Hauteur_{relative}(a\rho_{moy} + b + c\rho_{ext}), \text{ avec } a=0,457 \text{ et } b=-0,1069 \text{ et } c=0,2313.$$

$$D'où \underline{FLJ}_{relatif} = + 6,63 \%$$

Retrouve-t-on cette augmentation par le calcul Phanie ?

$$FLJ_{relatif} = \frac{4,96 - 4,66}{4,66} = + 6,44 \%$$

Certes le résultat n'est pas exactement le même mais il est du même ordre de grandeur.

Formule pondérée du BRE proposée :

$$(8) \quad FLJ = K \times S_{vitrée \text{ au dessus du plan utile}}(1 + \alpha),$$

avec $K = \frac{\tau_{df} \theta_{angle \text{ de vue du ciel}}}{S_{totale}(1 - \rho_{moy}^2)}$ et $\alpha = FLJ_{relatif, calculé \text{ avec la formule pondérée}}$

Vérifions sur notre exemple :

$$FLJ = 4,35 \%$$

Surface vitrée considérée	Calcul PHANIE	Formule BRE
S_v au-dessus du PU	3,92%	4,08% Obtenu avec (6)
S_v pondérée	4,13%	4,35% Obtenu avec (8)
S_v totale	Non calculable*	5,86% Obtenu avec (7)

* Non calculable car le calcul PHANIE intègre correctement l'apport de lumière dû à la partie basse du vitrage

Tableau 5: Comparaison des calculs

Ainsi, le résultat donné par la formule pondérée est compris entre les résultats donnés par les formules du BRE en considérant soit uniquement la partie vitrée au-dessus du vitrage soit toute la surface totale. Nous constatons également que la formule proposée est bien plus proche du résultat proposé par le calcul PHANIE. Nous sommes donc plus réalistes.

5 – Conclusion

En conclusion, nous pouvons retenir que les formules du BRE donnent un bon encadrement du facteur lumière du jour. Cependant, dans le cas où la surface vitrée s'étend en-dessous du plan utile cette formule peut surestimer l'apport en lumière du jour.

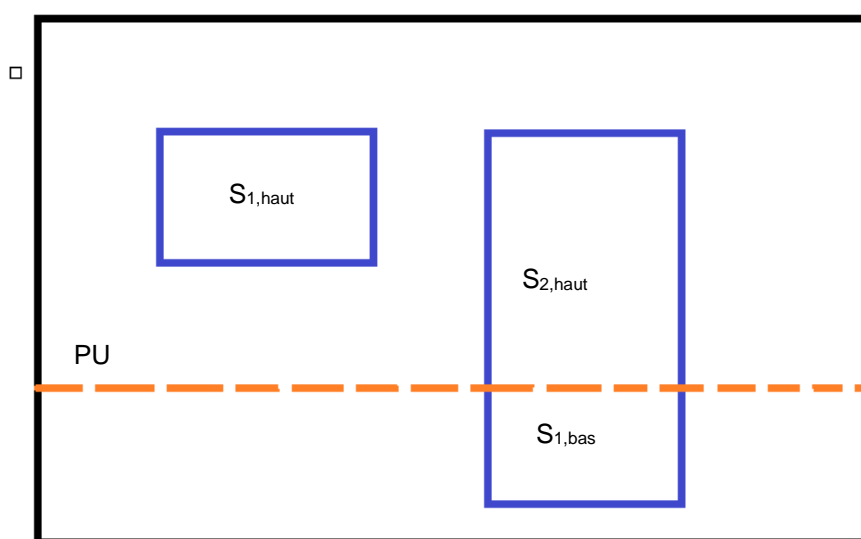
De plus, nous avons pu également mettre en avant lors de cette étude que les formules théoriques et les simulations ne sont pas forcément cohérentes. C'est pourquoi, il faut bien prêter attention aux configurations. En effet, les simulations sont plus réalistes car elles prennent en considération la véritable nature du local étudié. Ainsi, les formules surestiment les apports.

Enfin, nous avons pu constater que de prendre toute la surface vitrée n'était pas judicieux pour estimer les besoins en consommation. En effet, l'apport de la surface vitrée en-dessous du plan utile est bien présent mais ne contribue pas dans les mêmes proportions que la partie vitrée supérieure du plan utile. C'est pourquoi, nous proposons une formule du BRE pondérée qui prend en compte l'apport en éclairage naturel transmis par la partie vitrée basse. Cela permet alors d'estimer de façon plus réaliste les apports en lumière du jour et la consommation électrique qui en découle.

Avec les valeurs par défaut des facteurs de réflexion de la RT2012, c'est-à-dire 0,7 pour le plafond, 0,5 pour les murs, 0,3 pour le sol intérieur et 0,2 pour le sol extérieur le terme α vaut :

$$1 + \alpha = 1 + 0,168 \times \text{Hauteur}_{relative}$$

Remarque : Si le local possède plusieurs ouvertures d'hauteur d'allège différentes, il faut décomposer la surface vitrée en plusieurs termes et n'appliquer le coefficient $1 + \alpha$ qu'aux termes qui le nécessitent.



$$(8) \quad FLJ = K \times [S_{1,haut} + S_{2,haut} \left(1 + 0,168 \times \frac{S_{2,bas}}{S_{1,bas}} \right)]$$



Le futur en construction

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche et expertise, l'évaluation, la certification et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétence couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

24 Rue Joseph Fourier 38400 SAINT-MARTIN-D'HERES

Tél. : +33 (0)4 76 76 25 25 – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS