

Étude de la transparence aux rayonnements en grande longueur d'onde en simulation thermique dynamique

Travaux de stage

Contexte

L'utilisation de nouveaux matériaux transparents tels que l'**ETFE** et le **LDPE** apporte la question de l'influence de la **transparence aux rayonnements infrarouges contrairement au verre où celle-ci n'est pas présente**. Cette transparence pouvant théoriquement contribuer à **réduire l'effet de serre au sein des bâtiments utilisant ces types de matériaux**, il pourrait donc exister un intérêt supplémentaire à utiliser ces matériaux.

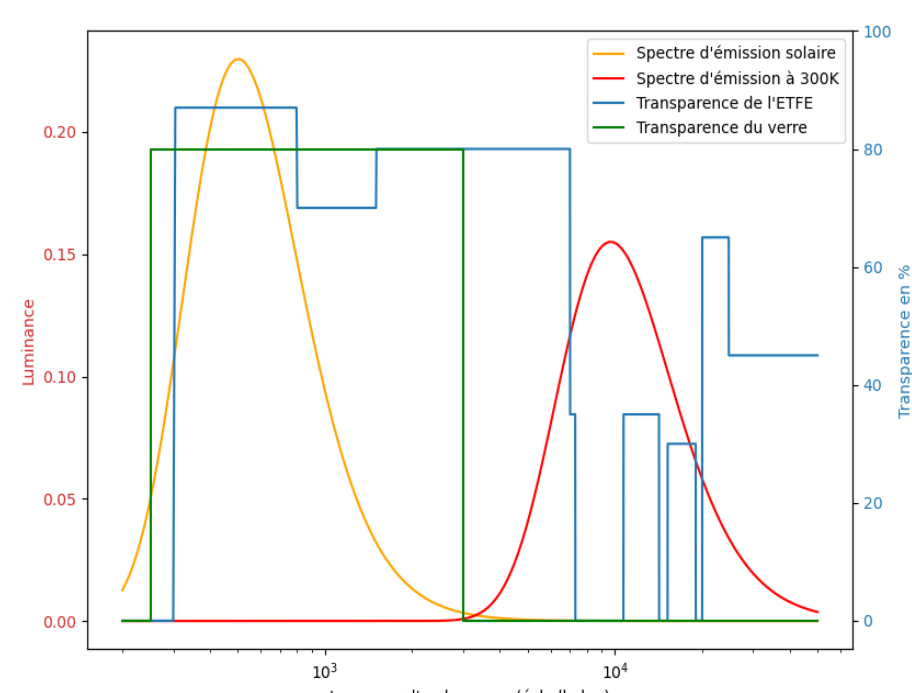
L'objectif du stage est double, il s'agit de:

- **mieux comprendre l'influence de la transparence aux infrarouges** de ces matériaux
- **quantifier leur influence sur la thermique en jeu** au sein de bâtiments utilisant ce type de matériaux

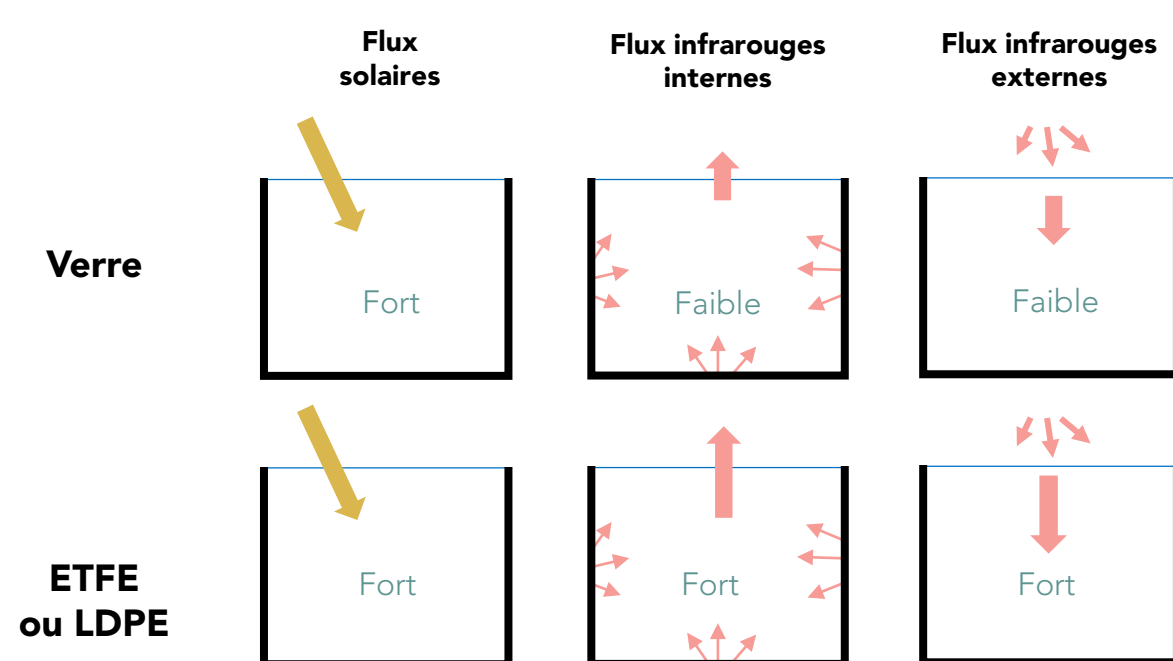
Effet de serre

On parle d'effet de serre lorsque le flux radiatif entrant est supérieur au flux radiatif sortant. Dans un bâtiment, le vitrage contribue à cet effet car il est transparent au rayonnement solaire mais opaque aux infrarouges. Des matériaux tels que l'ETFE et le LDPE étant davantage transparents aux infrarouges pourraient contribuer à réduire l'effet de serre.

Courbes de transparence du verre et de l'ETFE par rapport aux différentes sources de rayonnement (solaire et thermique à 30°C)



Pour compléter, le schéma ci-après illustre qualitativement la plus grande transparence au rayonnement infrarouge de l'ETFE (ou LDPE), comparée à cette du verre. Toutefois les flux entrant et sortant s'équilibrent et le bilan thermique résultant, dans les deux cas, est sensiblement équivalent.



Comparaison des niveaux de transparence aux flux solaires et infrarouges internes et externes à travers une surface en verre et en ETFE

Résultats

La transparence moyenne aux rayonnements infrarouges de l'ETFE est de **32%** (et proche de 0% pour le verre)

Nous avons pu montrer que les **effets de la transparence aux rayonnements infrarouges** du vitrage :

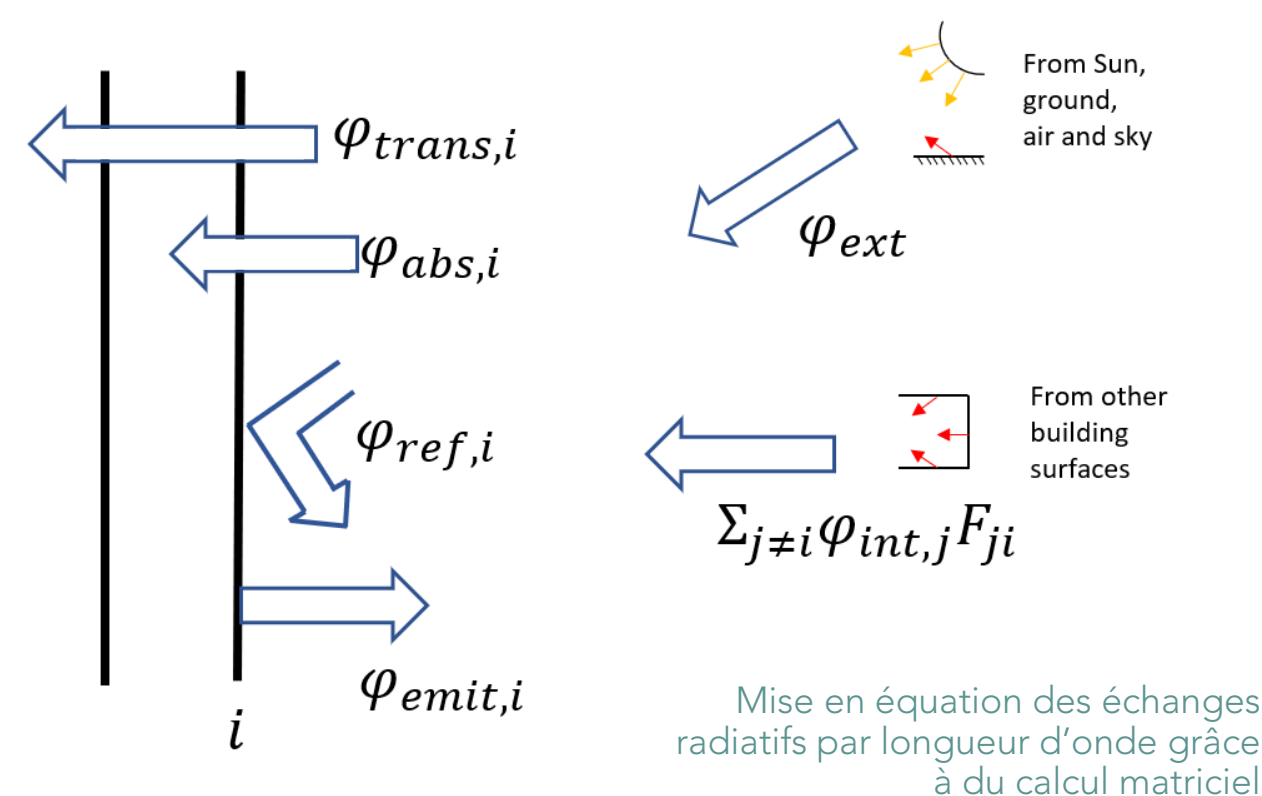
- **sont faibles** (-0,78°C dans le meilleur cas)
- **dépendent de son orientation**
- est d'autant **plus marqué lors des périodes chaudes** (de jour et en été).

Ces premiers résultats sont valables pour une géométrie de bâtiment simplifiée. Les effets de la transparence devraient être plus marqués pour des géométries plus réalistes.

Méthodologie

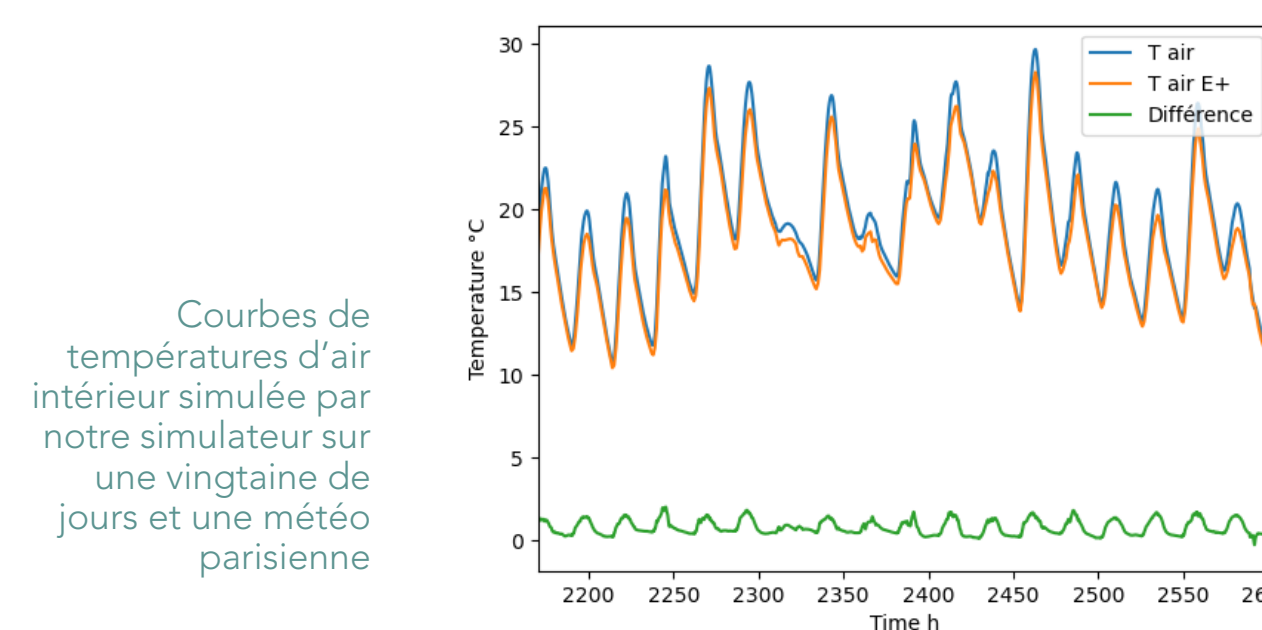
Pour prendre en compte dans une simulation la **complexité du spectre d'absorption** de ces nouveaux matériaux, nous avons :

- **Établi un bilan des flux** prenant en compte la totalité des échanges radiatifs



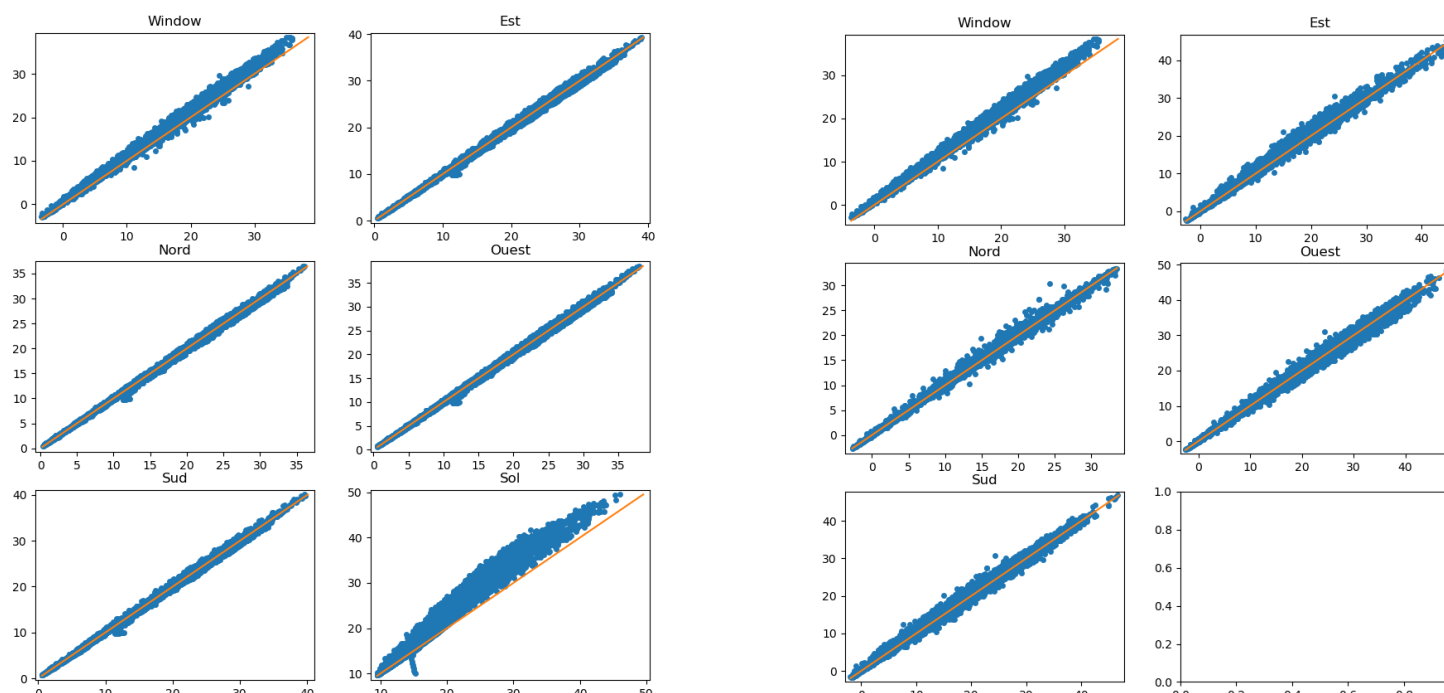
Mise en équation des échanges radiatifs par longueur d'onde grâce à du calcul matriciel

- **Développé un simulateur** basé sur le logiciel existant EnergyPlus reprenant cette méthode et intégrant les autres transferts thermiques (conductif et convectif)



Courbes de températures d'air intérieur simulée par notre simulateur sur une vingtaine de jours et une météo parisienne

- **Affiné et rectifié notre simulateur** pour obtenir des réponses similaires aux simulation faites par EnergyPlus sur des bâtiments identiques



Courbes de comparaison des températures de surface de notre bâtiment entre notre simulateur et celui d'EnergyPlus : une pente de 1 correspond à une adéquation parfaite

Une fois le simulateur validé, nous avons pu comparer différentes situations en faisant varier la météo locale et la transparence aux infrarouges du matériaux et ainsi évaluer l'influence de cette transparence.

Écart en °C : Année Printemps - été Automne-hivers	Différence moyenne >0 : ETFE plus chaud	Différence maximale absolue
Paris	0.11 -0.07 0.28	1.21 1.21 0.72
Stockholm	0.08 -0.08 0.23	1.18 1.18 0.67
Téhéran	-0.50 -0.78 -0.23	1.81 1.81 1.41

Différences simulées entre du verre et du verre ayant les propriétés optiques de l'ETFE dans le domaine des infrarouges

Étudiant : Eloi Boutillon
Niveau d'études : L3
Spécialité : Physique
Tuteur école : Charles H. Pin

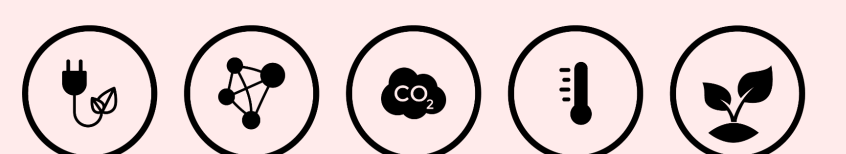
Durée : 12 semaines
Période : 02/06-21/08

Entité AREP : L'hypercube
Tuteur AREP : Édouard Walther



Gare de Rennes et sa toiture en coussins d'ETFE (Source AREP)

EMC2B



Climat

Les résultats de ce stage n'ont pas permis de montrer un avantage avéré à l'utilisation de l'ETFE ou du LDPE en ce qui concerne l'effet de serre.

Carbone

Le bilan carbone de l'ETFE est supérieur à celui du verre. Toutefois, étant plus léger, il permet de réduire la structure porteuse. La question du coût carbone global doit être affinée pour chaque projet le cas échéant.

Références

- Sustainable greenhouse systems, Vox et al. , 2010
- Energy modelling of ETFE membranes in building applications, Poirazis and al. , 2009
- WINDOW Technical Documentation, Curcija et al. , 2018