

Centre d'intérêt :

Activités :

- Modélisation du comportement thermique d'une chambre d'étudiant
- Modélisation des améliorations pouvant être apportée
- Analyse des résultats

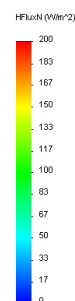
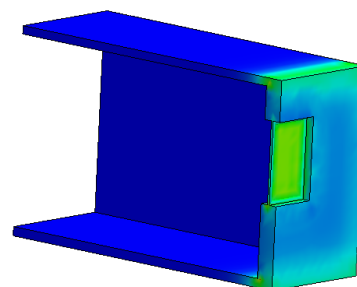
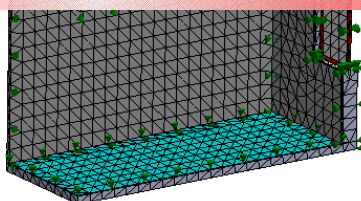
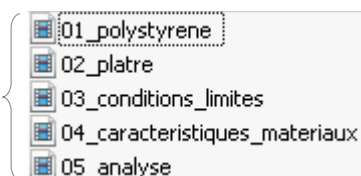
CORRIGE

Durée : 2H00

Documents :

- Énoncé de TP
- Documents ressources :
 1. 01 DR thermique

2. Vidéos



Matériel et logiciels :

- PC
- SolidWorks avec SolidWorks Simulation
- OpenOffice

Table des matières

Présentation.....	2
Problématique.....	2
Présentation de la démarche.....	2
Étude d'une chambre avec isolation intérieure.....	2
Présentation du modèle « chambre_A ».....	2
Paramétrage du modèle.....	3
Travail préparatoire.....	3
Modélisation de l'isolant.....	3
Conditions limites.....	3
Définitions des matériaux.....	4
Lancement du calcul et analyse des résultats.....	4
Améliorations.....	6
Investigation.....	6
Modélisation des propositions d'améliorations.....	6
Conclusion.....	8

Présentation

Problématique

En partant d'une chambre d'étudiant mal isolée, comment diminuer les pertes thermiques ?

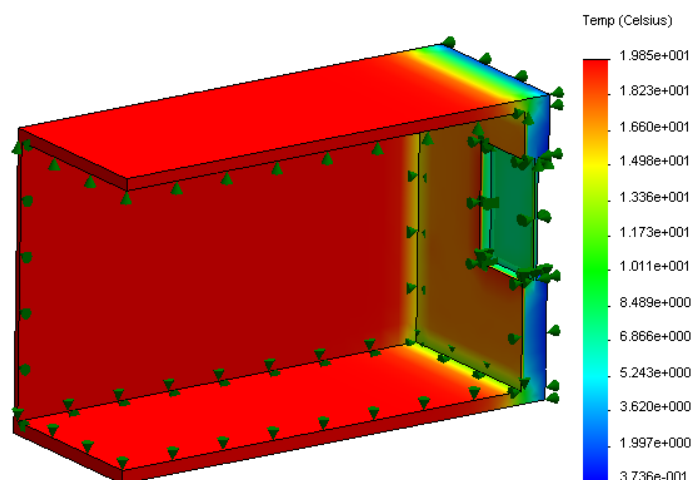
Présentation de la démarche

A l'aide d'un logiciel de calcul par éléments finis, vous allez modéliser le comportement thermique d'une chambre d'étudiant.

Vous commencerez par une modélisation et une analyse de l'existant.

Votre étude se poursuivra par une succession d'améliorations visant étape par étape à limiter les pertes les plus importantes.

Conclure enfin sur les paramètres qui déterminent la qualité de l'isolation thermique d'une habitation.

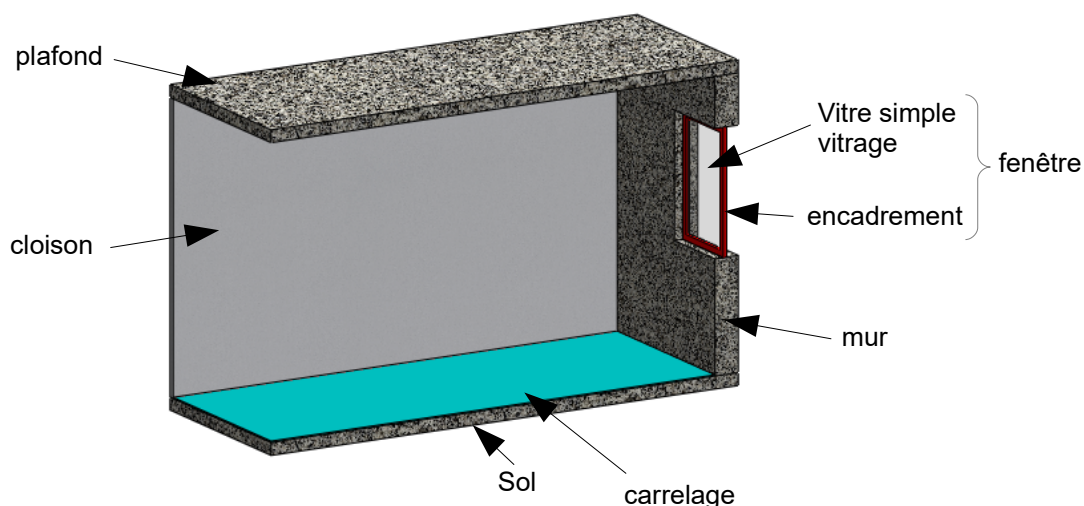


Étude d'une chambre avec isolation intérieure

Présentation du modèle « chambre_A »

Nous restreignons notre étude au cas d'une chambre d'étudiant située dans le milieu d'un bâtiment d'une résidence.

Le modèle mis à votre disposition est décrit ci-dessous :



Cette chambre est supposée entourée d'autres chambres identiques, chauffées par un même chauffage collectif et donc supposées à la même température.

Aucun échange thermique n'a donc lieu avec les pièces voisines, ni avec le couloir.

La chambre étant symétrique, la modélisation d'une demi chambre suffit.

Paramétrage du modèle

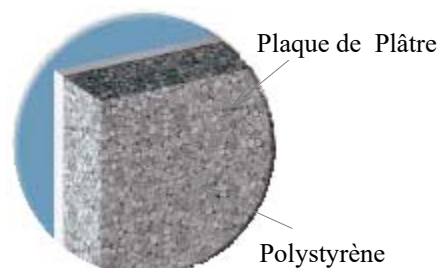
Travail préparatoire.

Dans le répertoire « Ma_classe/travail » trouver le répertoire « chambre_init ». Copier ce répertoire dans le sous répertoire à votre nom dans « Ma_classe ».

Modélisation de l'isolant

Vous allez modéliser une isolation intérieure sur le mur qui donne sur l'extérieur.

L'isolation de type Th38 comprend une plaque de plâtre de 10 mm et une plaque de polystyrène expansé de 20 mm comme montré ci-contre.



Lancer le logiciel de CAO :



Dans le répertoire «chambre_init» que vous venez de copier, ouvrir le fichier «chambre_init».

Enregistrer le fichier ouvert sous un nouveau nom : «01_chambre_01»

Dans le répertoire «Ma_classe/travail», dans le sous-répertoire «DI_modelisation», consulter la vidéo « 01_polystyrene » et reproduire la démarche pour modéliser le polystyrène.

Consulter la vidéo « 02_platre » et reproduire la démarche pour modéliser la plaque de plâtre.

Conditions limites

Les conditions limites définissent les échanges thermiques avec l'extérieur du modèle.

Nous considérerons une nuit d'hiver (pas de rayonnement solaire). La température extérieure est supposée de 0°C, la température intérieure est supposée de 20°C.

A l'extérieur comme à l'intérieur les échanges sont convectifs.

Voir rappel concernant la convection dans le «DR thermique» et compléter le tableau ci-dessous.

Paroi verticale	Paroi horizontale type plafond	Paroi horizontale type plancher

Le coefficient de convection sera supposé de 30 W/(m².K) à l'extérieur (présence de vent moyen).

Les autres surfaces sont des surfaces de symétrie et ne sont donc pas le siège d'échange de chaleur. Le flux thermique les traversant doit donc être imposé comme nul ce qui est le cas par défaut dans un modèle par éléments finis.

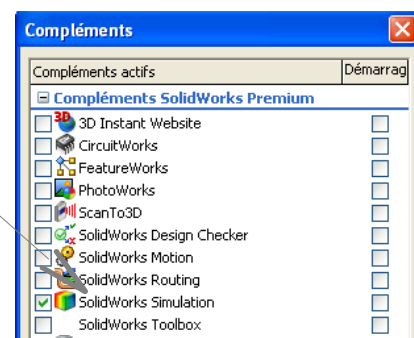
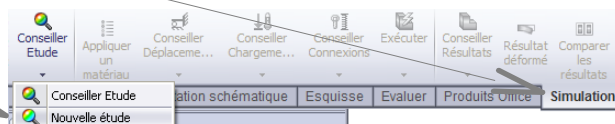
Pour définir les conditions limites, il faut lancer le module complémentaire de calcul thermique par éléments finis :

Aller dans «outils» puis «compléments» et cocher «SolidWorks simulation»

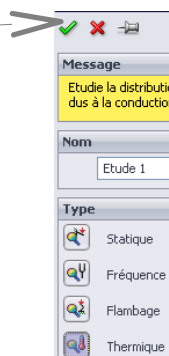
Valider par «OK».

Activer l'onglet «Simulation».

Puis cliquer sur «Nouvelle étude».



Cliquer sur « Thermique » et valider



Consulter la vidéo « 03_conditions limites » et reproduire la démarche pour définir les conditions limites.

Votre modèle est maintenant près pour le calcul.

Définitions des matériaux

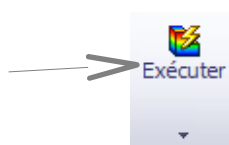
Consulter la vidéo « 04_caracteristiques_materiaux » et reproduire la démarche pour trouver les caractéristiques matériaux prises en compte pour les calculs qui vont être menés.

Relever les caractéristiques des différents matériaux de votre modèle pour compléter le tableau ci-dessous.

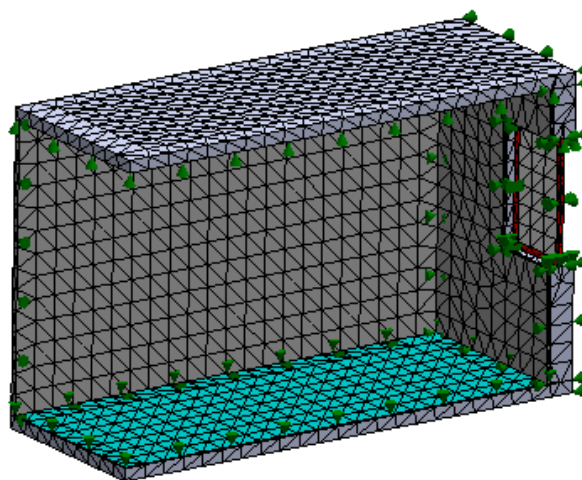
Élément de structure	Matériaux	Conductivité thermique (W/(m.K))	Épaisseur (mm)
Mur, cloison, sol et plafond	Béton	2	Mur :
Revêtement de sol	Carrelage	2,5	
Isolant intérieur	Placo plâtre	0,4	
	Polystyrène	0,035	
Vitre	Simple vitrage	0,7	
Encadrement de fenêtre	PVC	0,15	

Lancement du calcul et analyse des résultats

Pour lancer le calcul cliquer sur :

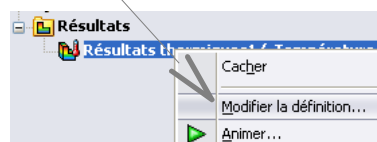


Le calcul commence par le **maillage** des différents volumes. C'est à dire que votre modèle est découpé en un ensemble de petits éléments de forme simples appelés **éléments finis** comme montré ci-contre.

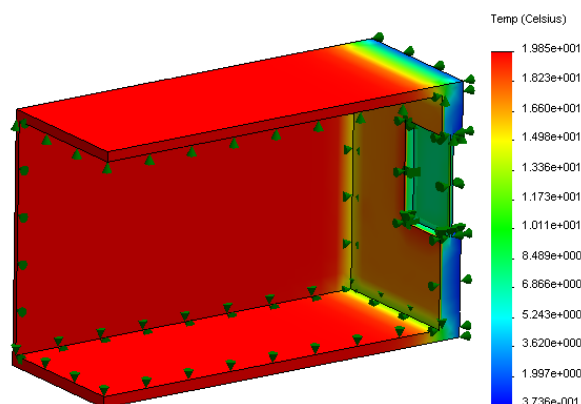
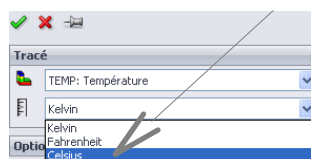


A l'issue du calcul vous obtenez le résultat ci-dessous avec une échelle de température en K.

Pour l'avoir en °C, faire un clic droit sur
«Résultats thermiques/Température», puis
«Modifier la définition ...»

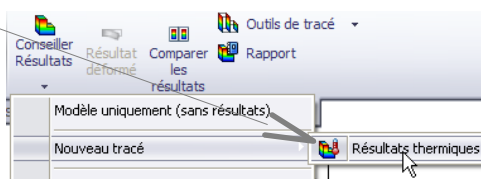


Sélectionner «Celsius» comme montré ci-dessous.



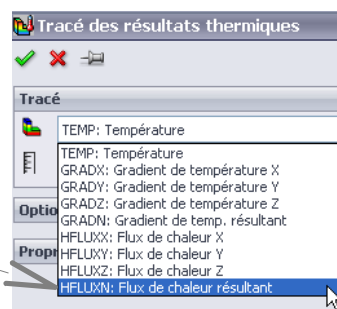
L'analyse des résultats passe par le relevé des flux thermiques à travers les parois extérieures.

Pour afficher les flux, cliquer sur «Conseiller Résultats» puis «Résultats thermiques» comme montré ci-dessous.



Sélectionner «Flux de chaleur résultant»

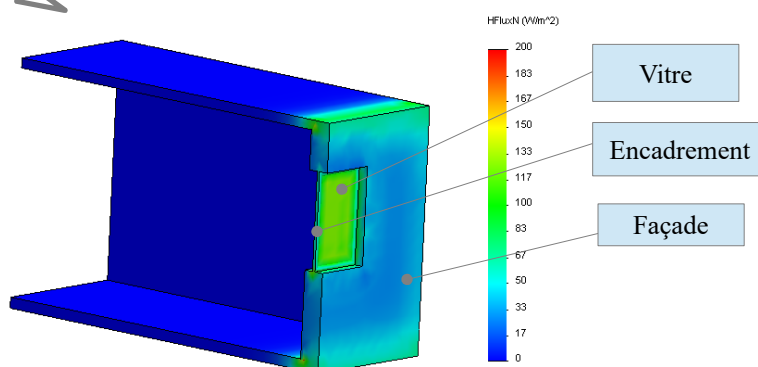
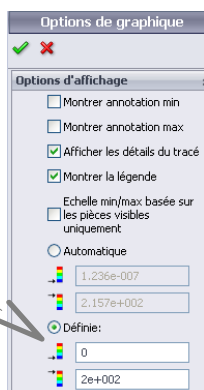
Vous obtenez le résultats ci-dessous.



clic droit sur le chargement thermique et
«Cacher tout» pour épurer l'affichage.

clic droit sur le «Résultat
thermique 2», dans
«Options de graphique»
définir une échelle de 0 à
200 W/m2.

Vous pouvez aussi
choisir un affichage
flottant plutôt que
scientifique pour plus de
lisibilité sur l'échelle.



Consulter la vidéo « 05 analyse » et reproduire la démarche pour déterminer le flux thermique à travers les différentes surfaces extérieures définies ci-dessus.

Retrouvez les résultats sur le tableau de synthèse en fin de document.

Commentaires :

Au regard des caractéristiques matériaux que vous avez relevés dans le tableau ci-dessus, justifiez les résultats obtenus par le calcul.

Quel élément laisse échapper le plus de chaleur ? _____

De quel élément allez vous donc chercher à améliorer l'isolation ? _____

Améliorations

Investigation

Ci-dessous sont listées 4 propositions pour améliorer l'isolation de la chambre étudiée.

1. Augmenter l'épaisseur de l'isolation intérieure en polystyrène en passant de 20mm à 80mm.
2. Proposition 1 + Remplacer le carrelage par un revêtement de sol isolant (équivalent à 10 mm de polystyrène) et installer un isolant type Th38 au plafond. Attention : Pensez à supprimer la convection sur le plafond pour la remplacer par la même convection sur la plaque de plâtre.
3. Proposition 2 + Installer un double vitrage
(conduction équivalente d'un double vitrage : $0,037 \text{ W/(m.K)}$).
4. Installer un double vitrage et remplacer les trois isolations intérieures par une isolation extérieure sous enduit sur la façade (80 mm de laine de verre, conduction : $0,04 \text{ W/(m.K)}$). L'effet de l'enduit sera négligé et ne sera donc pas modélisé.

Parmi les 4 propositions ci-dessus laquelle retiendriez-vous ?

Pourquoi ?

Modélisation des propositions d'améliorations

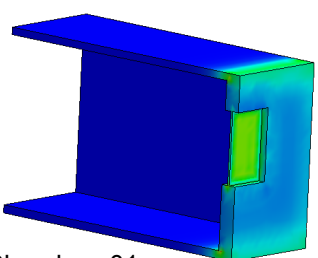
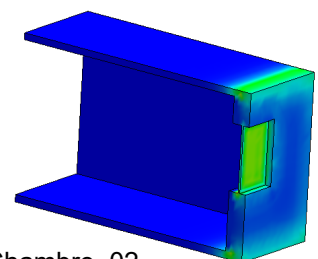
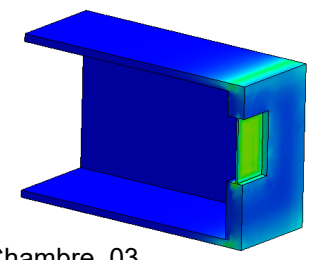
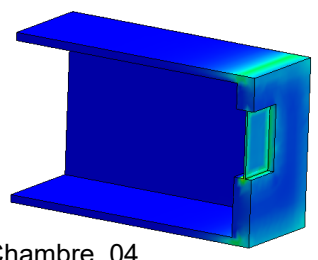
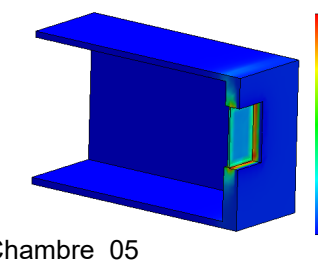
Modifier votre modèle de sorte à évaluer la performance thermique de chacune des propositions dans l'ordre qui vous est proposé. Les 3 premières améliorations seront cumulées au fur et à mesure dans votre modèle.

Vous complétez le tableau de synthèse en fin de document comme lors du premier calcul (chambre_01). Vous veillerez à faire un commentaire pour justifier la pertinence de l'amélioration suivante et vous insérerez une image montrant le résultat de vos calculs. Pour qu'une comparaison visuelle soit possible vous veillerez à conserver la même échelle sur tous vos graphiques.

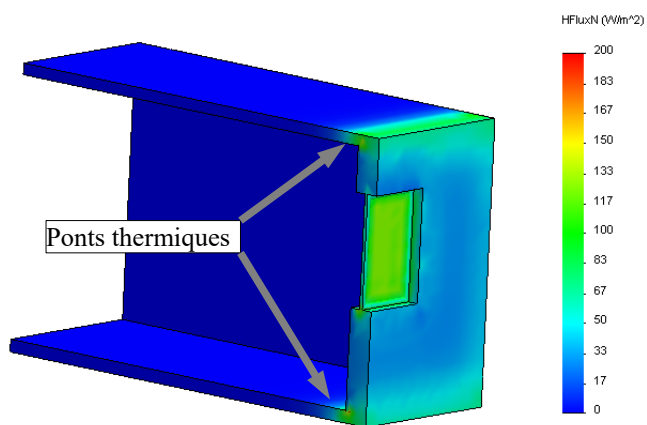
Il vous est conseillé de faire évoluer le nom de votre fichier entre chaque amélioration (exemple : 01_chambre_02, puis _03, ...) pour garder un historique de votre travail et pouvoir revenir facilement en arrière en cas de problème sur un modèle.

Pour ce faire, aller dans «Enregistrer sous», donner le nouveau nom du fichier, puis dans «Références» cliquer sur «Enregistrer tout», puis choisir un enregistrement en interne.

Tableau de synthèse

Structure de l'isolation	Puissance thermique dissipée en W			
	Vitre	Encadrement	Façade	Totale
Isolation intérieure 20 mm  Chambre_01	-38	-9	-112	-159
Commentaires : La puissance thermique dissipée est la plus grande à travers la façade. Il semble donc intéressant d'augmenter l'épaisseur d'isolant intérieur sur le mûr.				
Isolation intérieure 80 mm  Chambre_02	-38	-9	-78	-125
Commentaires : En multipliant l'épaisseur d'isolant par 4 l'isolation de la façade ne gagne que 30% ce qui représente seulement 21% sur le total. Les pertes viennent pour beaucoup du plancher et du plafond. Il faut donc les isoler.				
Isolation plancher et plafond  Chambre_03	-38	-9	-68	-115
Commentaires : L'amélioration par rapport à chambre 2 est de 12% sur la façade ce qui représente 8% sur le total. Pour plus de performance il faudrait augmenter les épaisseurs d'isolant mais cela réduirait sensiblement la hauteur de la pièce. Les pertes sur la vitre représentent maintenant une part non négligeable du total. L'installation d'un double vitrage se justifie donc.				
Double vitrage  Chambre_04	-16	-8	-68	-92
Commentaires : L'amélioration sur la vitre est de 50%, sur le total elle est de 20%. Globalement par rapport à la solution initiale l'ensemble l'amélioration est de 42%. Les travaux engendrés sont néanmoins importants, l'apport environnemental est indéniable, mais la rentabilité serait à étudier en détail.				
Isolation extérieure + double vitrage  Chambre_05	-16	-11	-23	-50
Commentaires : L'isolation extérieure et le double vitrage apportent globalement 68% d'amélioration. C'est de loin l'amélioration la plus efficace. On remarque que le modèle ne prévoit pas d'isolation sur l'encadrement de la fenêtre alors que le flux thermique y a maintenant une part importante. Cela montre la nécessité de réaliser l'isolation avec le soucis du détail.				

Conclusion



Dès le premier calcul vous avez pu remarquer que le flux thermique sur la façade est particulièrement important au droit du plancher et du plafond.

Sans isolation sur le plafond et le plancher ceux-ci réalisent ce qui est appelé un **pont thermique**.

Vous avez pu constater avec votre deuxième calcul que multiplier par 2 l'épaisseur de l'isolant intérieur ne suffit pas à diviser par 2 les pertes à travers la façade.

La qualité de l'isolation d'une habitation fait donc intervenir :

- Le choix de matériaux isolant ayant une faible conductivité thermique.
- Leur dimensionnement en choisissant des épaisseurs suffisantes.
- Mais aussi beaucoup à la façon de les disposer pour limiter les ponts thermiques.