SAGNES Luc - MANDINE Loic - TRAORE Yacouba - Groupe 2

Rapport de projet:

Partie 1: Simulation statique de la chaleur

Nous avons dessiné deux chambres différentes pour mettre en place cette partie afin de modéliser la température d'une pièce en se servant de l'équation de la chaleur stationnaire.

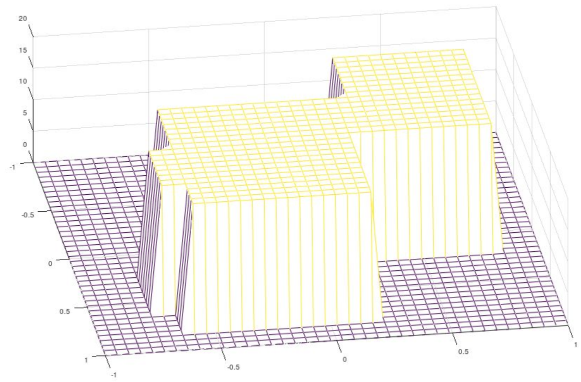
Notre première chambre comporte une fenêtre en bas à gauche verticalement avec une porte en haut à droite horizontalement. Notre deuxième chambre une porte en haut à droite horizontalement ainsi qu'une fenêtre horizontalement.

Nous supposons nos murs parfaitement isolants, nous avons donc injecté des conditions de Neumann homogènes aux limites. Aussi, nous supposons la présence de fenêtres/portes (donc sur le bord du domaine), d'où la présence de conditions de Dirichlet aux limites.

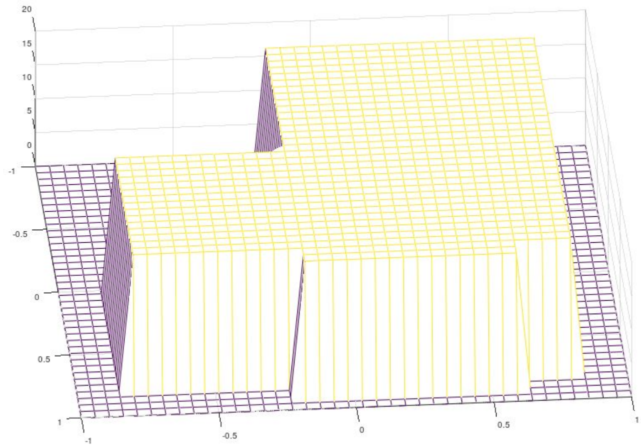
Notre code pour modéliser cette simulation prend en 4 arguments : la température extérieure, la température au niveau des portes, le chauffage et le nombre de points de notre grille (nous l'avons fixé à 40 pour tous les test).
Nous avons fait 3 types de test pour nos 2 chambres dans ce régime stationnaire :

1er test : Cas d'une température extérieure de 20 degrés sans chauffage avec une température de 20 degrés dans la chambre

Chambre1(20,20,0,40)



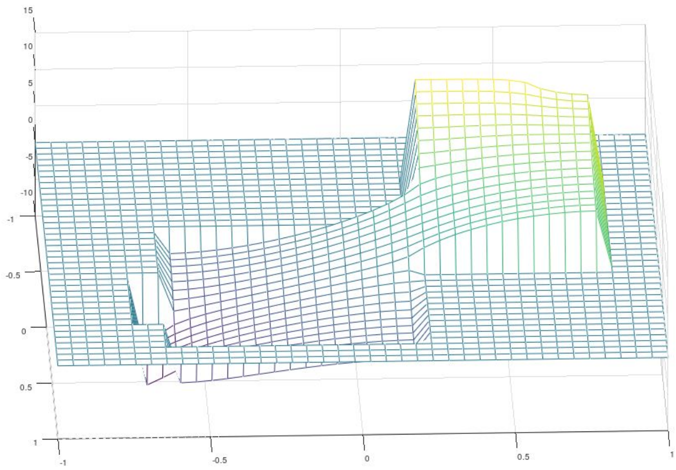
Chambre2(20,20,0,40)



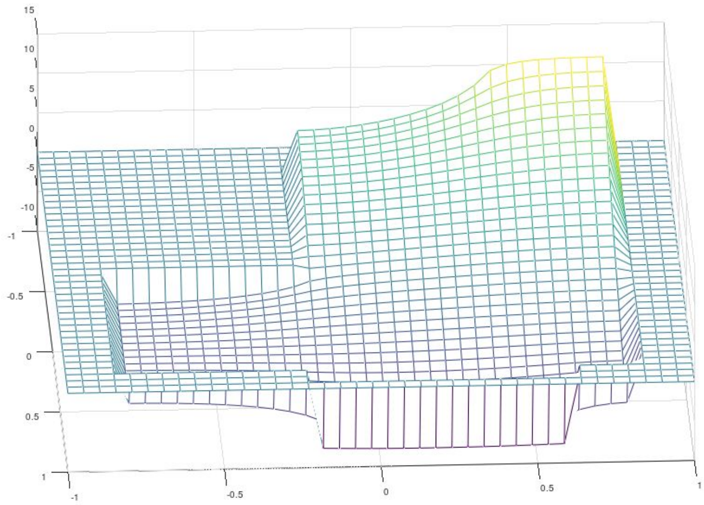
Résultat satisfaisant: la température semble constante égale à 20 degrés pour les deux chambres, ce qui est normal car la température à l'intérieur est la même qu'à l'extérieur.

2ème test : Cas d'une température d'hiver, à -10 degrés à l'extérieur, sans chauffage, avec une température aux portes à 15 degrés.

Chambre1(-10,15,0,40)



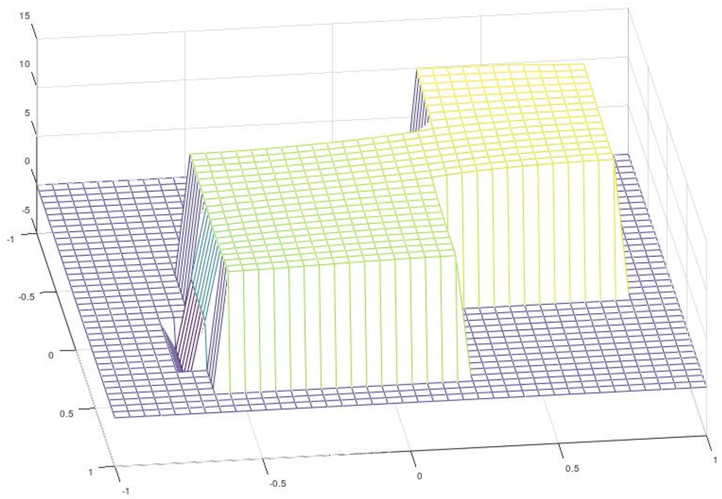
Chambre2(-10,15,0,40)



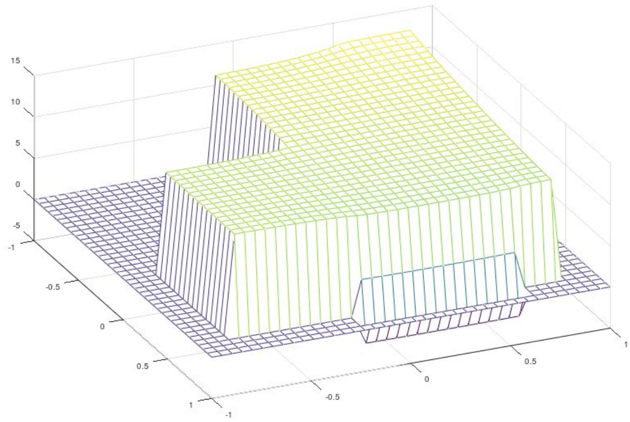
On remarque que pour les deux chambres on observe la température minimale au niveau des fenêtres, ce qui est normal puisque les fenêtres ne sont pas du tout isolantes. On observe aussi que la température maximale se situe pour les deux chambres à l'endroit le plus éloigné de la fenêtre, là où la chaleur se diffuse le moins.

3ème test : Même situation que le 2ème test, mais cette fois-ci avec du chauffage

Chambre1(-10,15,2700,40)



Chambre2(-10,15,2700,40)



Tout d’abord, nous avons choisi la valeur du chauffage arbitrairement afin d’obtenir une température à l’intérieur de la pièce plus chaude que dans le test 2, le but étant de montrer l’effet du chauffage. On observe qu’avec le chauffage, plus il est puissant plus la pièce tend vers une température homogène, avec au niveau des fenêtres un pic de température.
Nous avons fait des test avec des positions de chauffage différentes et nous avons remarqué que la manière la plus efficace afin d’obtenir une température homogène dans toute la pièce était de mettre le chauffage au même niveau que la fenêtre. En effet, en faisant cela, cela permet de compenser le froid provenant de l’extérieur par la fenêtre avant qu’il ne se propage dans toute la chambre. Si nous avions mis le chauffage à l’opposée de la fenêtre, nous

n'aurions pas pu obtenir une température égale ou presque en tout point de la pièce.

Partie 2 (fichier partie2.m):

a) Brève présentation du problème et des cas tests

L'enjeu de cette partie était d'implémenter des schéma de résolution de l'équation bidimensionnelle de la chaleur par la méthode des différences finies de l'EDP suivante:

$\frac{\delta u}{\delta t} - \nu \cdot \Delta u = 0$

Ces deux schémas étant Euler implicite et Euler explicite.

Les conditions initiales peuvent être quelconques (température pas nécessairement uniforme).

Les conditions aux limites imposées sont:

-sur toute la périphérie de la zone de travail, on considère des murs adiabatiques (isolants) donc des flux thermiques entrants/sortants nuls (Neumann).

-aussi placées en tout point de celle-ci (chauffage). De plus, on considérera la présence de porte et de fenêtre,

-Par exemple, imposer une température (présence d'un chauffage). Les conditions aux limites peuvent également être modifiées en cours de calcul (augmentation du chauffage/clim)

De même, le temps est discrétisé. La solution est calculée en un nombre fini de pas espacés d'un durée Δt.

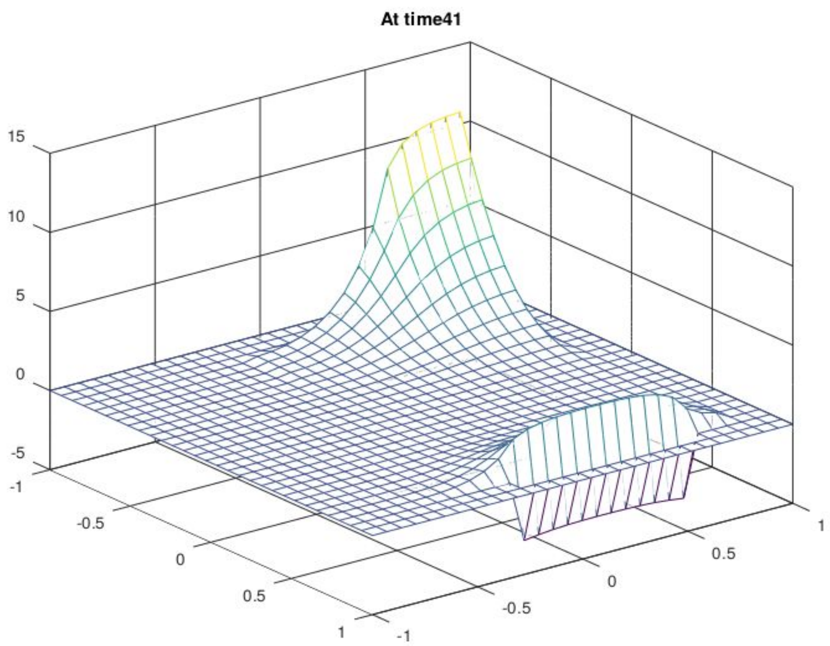
Durant la lecture de nos exemples, il convient de garder à l'esprit qu'une résolution numérique n'est qu'une approximation de la véritable solution analytique.

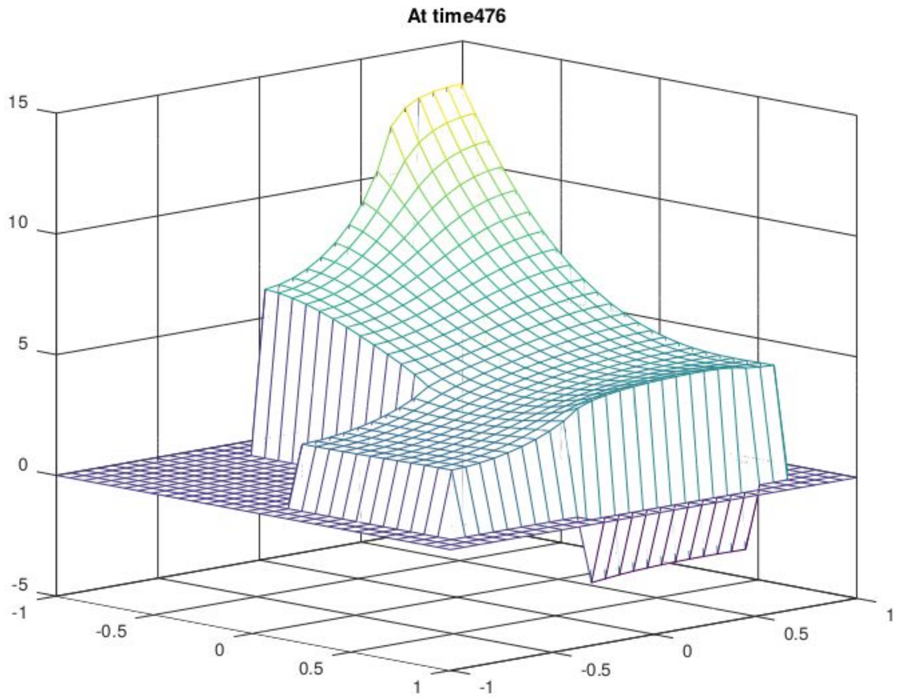
La moyenne des températures dans la pièce sera le critère d’atteinte de la température idéale (fixée au préalable).

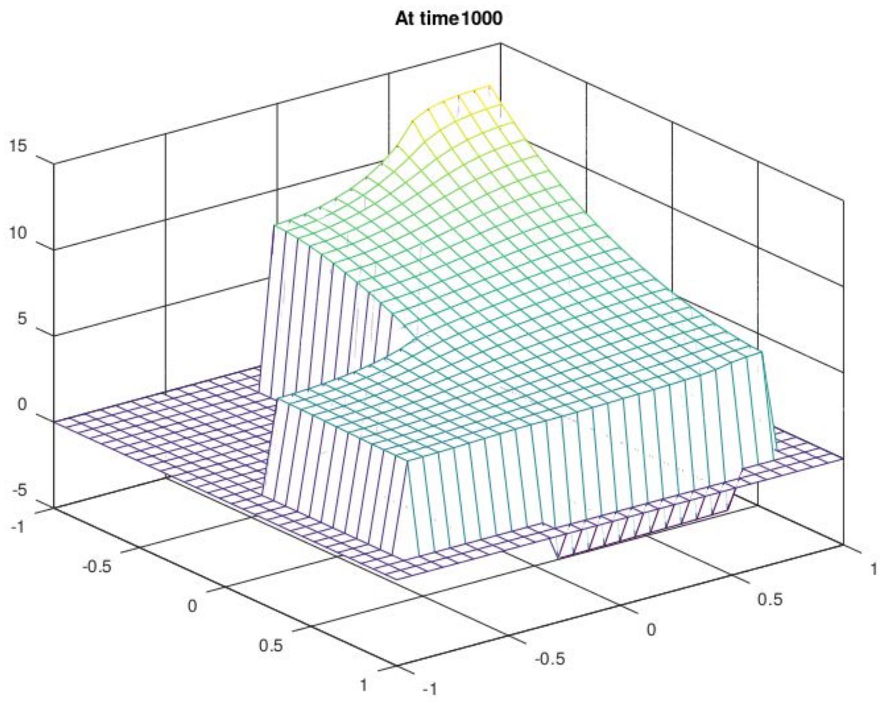
Test 1 - Chambre initialement froide et on chauffe progressivement jusqu’à atteindre un température idéale:

Méthode Explicite, CFL=0.5, nombre d’itération de notre boucle temporelle : 1000, température idéale fixée à 7,5

CI=0 partout dans la pièce



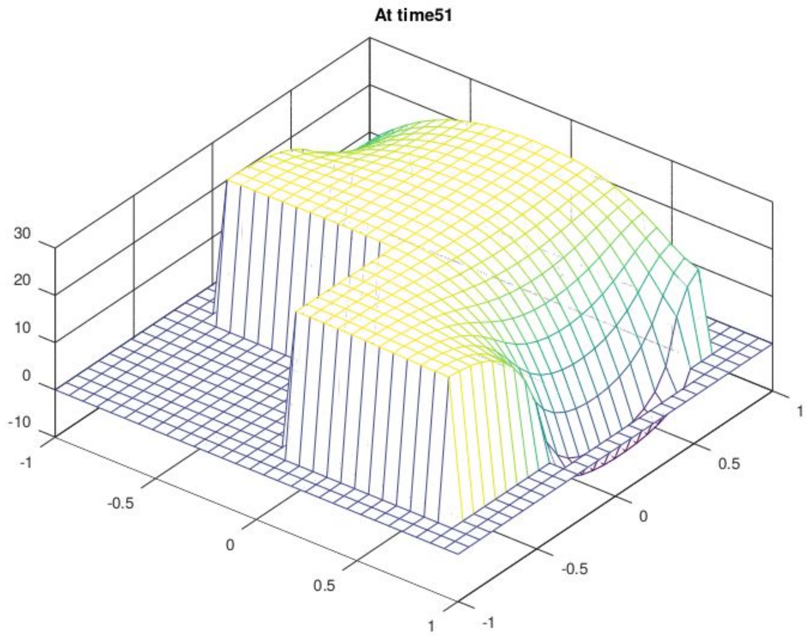


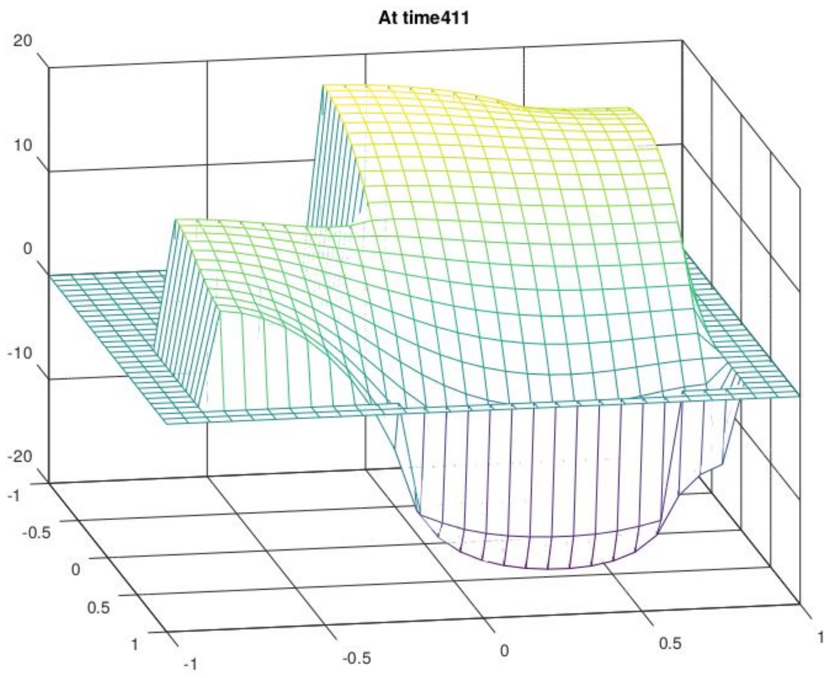


température idéale fixée à 7.5

<u>Exemple 2 - Chambre initialement chaude et on climatise progressivement jusqu'à atteindre un température idéale:</u>
Méthode Explicite, CFL=0.5, nombre d'itération de notre boucle temporelle : 1000

CI=30 partout dans la pièce





température idéale fixée à 7.5

b) <u>Analyse des résultats obtenus et commentaires sur différents variations de tests :</u>

Nos résultats sont cohérents : pour l'exemple 1 , la pièce tend à se réchauffer et pour l'exemple 2, la pièce tend à se refroidir

-Vous comprendrez que nous avons pas mis tous les différents tests que nous avons faits, sur ce rapport…-

Lors de ces différents tests, nous avons fait varier différents paramètres:

-La géométrie de la pièce (flag pièce dans le code). Nous avons vu que les résultats restaient satisfaisants et cohérents.
La géométrie de la pièce 1 présente un resserrement assez étroit qui sépare la pièce en deux parties : celle avec le chauffage et celle sans . Cela provoque une différence assez importante de température entre les deux parties car la partie de la pièce qui ne contient pas le chauffage sera moins sensible à la chaleur de l'autre partie.
La convection naturelle induit un transfert de chaleur de la partie chauffée vers la partie non chauffée à une vitesse insuffisante.
Ce genre de cas est assez courant dans la vraie vie , on pourrait par exemple placer une ventilation qui va booster le flux de la convection naturel et ainsi entrainer plus d'air de la partie où il y a le chauffage vers l'autre partie de la pièce . On aura ainsi une température plus homogène dans la pièce.

-Le nombre de pas spatial (variable n). Nous rappelons que nous calculons nos températures qu'aux points de notre espace discrétisé sous forme de grille. Les valeurs intermédiaires sont donc obtenues par interpolation(octave gère cette interpolation via fonction mesh()). Ainsi, plus on augmente n, moins cette interpolation sera présente, d'où une meilleure précision de notre résultat. En effet, nous avons estimé que notre résultat restait fidèle à la réalité pour n>=30

-Le nombre de pas temporels (par extension d'itération de notre boucle for, variable nbIteration). Plus cette valeur est grande, plus notre résultat se rapprochera de la solution exacte.

-CFL(variable alpha). Ce paramètre est proportionnel à Δt (pour nu et h fixé). Pour le schéma conditionnellement stable Euler explicite, ce dernier est limité à 0.5; contrairement au schéma d'Euler implicite. On rappelle que plus Δt est grand, plus notre schéma de résolution va tend plus vite vers la solution exacte (Δt impose la vitesse de convergence de notre solution; indirectement notre écart avec la solution exacte). Ainsi, pour des CFL maximaux (0,5 pour E.exp.), Euler implicite sera plus satisfaisant car il montrera un résultat plus proche de la solution exacte, puisqu'on y converge plus vite...

-Condition initiale (pour confirmer la robustesse de notre schéma de résolution). Nos résultats sont toujours cohérents avec la réalité.

-Les températures représentant la configuration physique réelle (températures des paramètres environnementaux). Nous avons testé pour des valeurs extrêmes et nos résultats étaient toujours satisfaisants. Cependant, ces tests ont soulevé une limite à notre modèle: aucune unité physique est associée à nos grandeurs physiques, dès lors, l'interprétation qu'on peut tirer de nos résultats possédera une fidélité limitée… Elle reste, certes, quantitative et qualitative mais nos valeurs de températures de nos paramètres environnementaux étant arbitraire (puisqu'aucune unité y sont associées), notre interprétation sera relative.

c) Conclusions tirées de nos résultats

La méthode la plus rapide pour atteindre la température idéale est Euler implicite car elle est inconditionnellement stable donc on peut faire tourner son schéma de résolution avec un grand CFL (donc un grand Δt).

Si on veut que notre résultat soit le plus proche possible de la réalité (par exemple pour atteindre une température idéale), il faut choisir Euler implicite avec un grand CFL (on se soucie ici donc pas du temps d'exécution…).
Au contraire, si nous voulons un résultat assez rapidement (donc avec un nombre d'itération finie), nous devrions choisir Euler explicite qui va prendre moins de temps que Euler implicite.