Université KASDI Merbah Ouargla
Faculté des Sciences appliquées
Département de géni mécanique

Étude et simulation du système de climatisation d'une automobile par le logiciel COMSOL multyphisics

Préparer par : **BENKRANE Oualid**
OUBICHE Ayoub
Directeur de thèse: **Dr KOURAS Sid-ali**

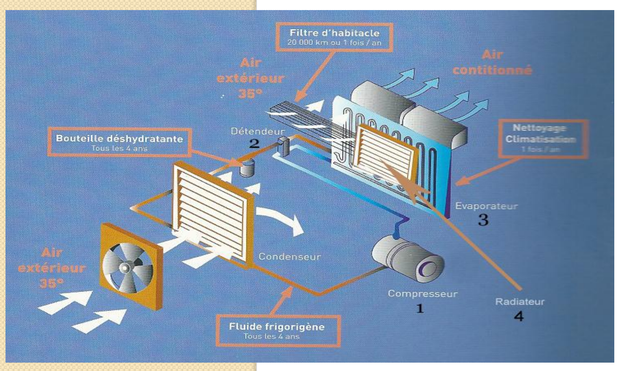
Introduction

Durant ces dernières années, le domaine de la climatisation a connu un développement remarquable. Ceci étant le résultat de trois facteurs principaux qui ont à la fois vivement animé la recherche dans ce domaine et fortement incité à développer les performances. Le premier de ces facteurs est le besoin très vif en énergie ce trouvant dans la plupart dans des régions à condition aride. Le second facteur est lié à la recherche de nouvelles sources d'énergies plus respectueuses de l'environnement (énergie renouvelable). Quant au troisième facteur il est purement économique, a cause de l'intrusion récente et en force de produit embarqué et portable, il est donc impératif de chercher de nouveaux méthode afin de parer aux pertes mais aussi aux qualité de l'air parfois toxique.

Problématique

L'objectif sera d'étudier et de valider une méthode permettant le dimensionnement et la gestion optimale de systèmes énergétiques utilisés dans l'industrie automobile en générale; et dans le domaine de la géni climatique plus précisément, On s'intéressera au écoulements d'air convectifs, les transferts de chaleur se produisant à l'intérieur d'un véhicule, l'énergie nécessaire pour un tel système et son optimisation.
Dans ce cas, les conditions thermo-aérauliques (température, vitesse et humidité de l'air) influent grandement sur les condition aux limites qui sont dans notre cas les parois du véhicule

L'étude portera plus particulièrement sur les systèmes énergétiques associés afin d'améliorer l'efficacité énergétique.



Système

Organigramme général de la procédure numérique de la résolution d'un système d'équations au dérivé partiel

Définition de la physique ou des couplages entre différentes physiques

↓

Dessin de la géométrie

↓

Définition des constantes, variable et expressions
Et définition des conditions aux limites

↓

Génération de maillage

↓

Résolution du système d'équation avec condition de convergence

↓

Sortie de résultat

Hypothèse

On va tenir compte en particulier :

- Les équation de Navier Stocks (équations d'écoulements)

$$\frac{\partial v_x}{\partial x}+\frac{\partial v_y}{\partial y}+\frac{\partial v_z}{\partial z}=0$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial t}+v_x\frac{\partial v_x}{\partial x}+v_y\frac{\partial v_x}{\partial y}+v_z\frac{\partial v_x}{\partial z}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\nu\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2}\right)+f_x$$

- Les équation de transfert de chaleur (diffusion première et deuxième loi de Fick)

$$\vec{j}_A=-D_{AB}\cdot\overrightarrow{\text{grad}}\,C_A$$

- Le couplage entre les deux équations précédentes serra le point essentiel de notre travail

Modélisation

- **Echange de chaleur entre l'air et le véhicule**

$$G_s V_{air}\left(Cp_{fs}+Cp_v W\right)\left(\frac{T_{fs}|_{sortie}-T_{fs}|_{entrée}}{e_l}\right)=S_{fpr}h_{vfpr}\left(\overline{T_{pr}}-\overline{T_{fs}}\right)$$

- **Echange de chaleur dans le véhicule**

$$(1-\varepsilon)\rho_{prs}\left(Cp_{prs}+Cp_e M\right)\frac{d\overline{T_{pr}}}{dt}=h_{vfpr}\frac{S_{fpr}}{V_l}\left(\overline{T_{fs}}-\overline{T_{pr}}\right)+(1-\varepsilon)L_v\rho_{prs}\frac{dM}{dt}$$

- **Equation de conservation de la masse**

$$\frac{dW}{dx}=-\frac{1}{G_s}(1-\varepsilon)\rho_{prs}\frac{dM}{dt}$$

- **Vitesse de climatisation**

$$\frac{dM}{dt}=-H_m\frac{\left(P_{sat}(T_{pr})-P_v(T_{fs})\right)S_{fpr}}{m_{prs}R_v\left(T_{fs}+273.15\right)}$$

Equation de conservation d'énergie

$$\rho_s^0\left(Cp_s+MCp_l\right)\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_\xi=Cp_l\frac{D\rho_s^0}{(1+\psi M)^2}\frac{\partial M}{\partial\xi}\frac{\partial T}{\partial\xi}+\frac{\partial}{\partial\xi}\left(\frac{k}{1+\psi M}\frac{\partial T}{\partial\xi}\right)$$

- **Equation de conservation de la masse**

$$\left(\frac{\partial M}{\partial t}\right)_\xi=\frac{\partial}{\partial\xi}\left(\frac{D}{(1+\psi M)^2}\frac{\partial M}{\partial\xi}\right)$$

- **Diffusivité de l'humidité**

$$De=2{,}57.10^{11}(Tpr+273)+7{,}96.10^{11}.ep-2{,}11.10^{10}.M-7{,}015.10^{11}$$

- **Conditions initiales**

t=0 : $w=w_0$ $T=T_0$

- **Conditions aux limites**
  - **Bilan thermique**

$$-k\nabla T=h_c(T-T_a)+F_m L_v$$

  - **Bilan massique**

$$F_m\left(1-\frac{\rho_a}{\rho_a^0}\right)=-D\frac{\partial\rho_a}{\partial x}+\rho_a v$$

Ventilation

La puissance calorifique fournit au niveau du condenseur:

$$Q_{cd}=(M\,Cp)_{s,cd}\,(T_{s,cd}-T_{e,cd})$$

La puissance récupérée par l'évaporateur:

$$Q_{ev}=(M\,Cp)_{e,ev}(T_{e,ev}-T_{s,ev})$$

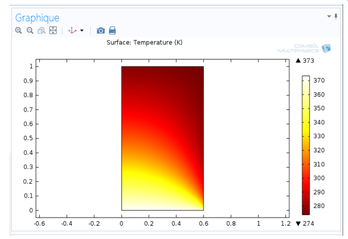
COP:

$$COP=\frac{Q_{cd}}{Q_{cd}-Q_{ev}}$$

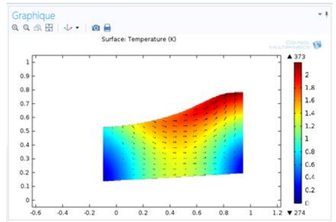
Synthèse

le logiciel COMSOL multiphysics nous permet a la fois de visualiser la résolution et de voir le taux de convergence des model utilisé dans notre systèmes d'équation ainsi nous pouvons réduire le temps de calcul et détecter les erreur du programme au fur et a mesure de la résolution

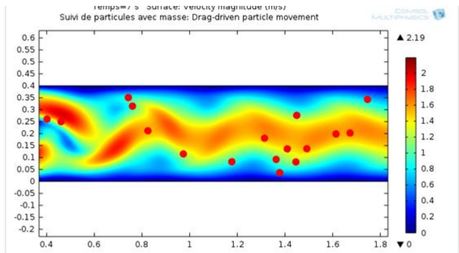
Les équations de transfert de chaleur nous donne une diffusion calorifique illustré par un gradient de couleur de la plus chaude à la plus froide, selon la nature de la source et le milieux ou elle se propage.



Les équations de écoulement en revanche nous indique précisément la direction de l'air selon le forme et les obstacle retrouver et aussi en prenant compte des pression et température ambiante.



Le jumelage entre les différente physique et leurs modèle mathématique exprimé ici en équations nous permet d'avoir des résultat approchant au mieux les nature du phénomène.



Nous pouvons ainsi jouer sur les conditions aux limites et des paramètres qui peuvent survenir au cours du processus de climatisation de l'enceinte du véhicule, dans notre cas la formation de gouttelette d'eau et d'humidité

Conclusion

L'élaboration des modèles numériques basés sur la méthode des éléments finis moyennant Comsol Multiphysics a permis d'étudier essentiellement la variation de la température ambiante dans une enceinte close et l'influence de quelques phénomènes extérieur perturbant le bon déroulement du processus

Une interface entre le logiciel Comsol multiphysics et MATLAB a permis d'extraire la structure du modèle du système énergétique de climatisation de notre véhicule et de compiler directement pour une simulation plus précise