REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie mécanique

Spécialité : énergétique

Simulation numérique des paramètres de confort thermique dans un immeuble résidentiel

---

Présenté par :

Mr. MAHDAB Islam

Mr. TOUBAL SGHIR Seyf Eddine

Proposé et Dirigé par :

Prof. KEZRAN Mohamed

Dr. CHIBA Younes

Promotion Juin 2022

Remerciements

Au premier lieu, nous tenons à remercier Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont aidés à élaborer cet ouvrage et en particulier notre promoteur **Dr. Chiba Younes et Prof. Kezrane Mohamed** pour sa disponibilité permanente, pour son aide et ses orientations précieuses, tout le long de ce projet

Nous remercions l'ensemble des enseignants du département de génie mécanique qui ont contribués à notre formation d'ingénieur d'état en Génie mécanique.

Que tous ceux ou celles qui nous ont apportés leur soutien et qui nous ont aidé de loin ou de prés pour l'achèvement de ce projet trouvent ici L'expression de notre vive et sincère reconnaissance en particulier Nos Parents,

Nos Familles et Nos Amis.

Dédicace

Grâce à dieu, le très puissant, nous avons achevé ce modeste travail que je dédie A mon dieu Merci
Que ce travail témoigne de mes respects

À ma Femme Maroua

A mes parents-mes grandes mères
Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu

Créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et

Mes profonds sentiments envers eux.

A mes sœurs Farah

Et à toute ma famille et mes proches

Et mes collègues d'étude.

Je dédie ce travail à Ma mère qui m'a entouré d'amour d'affection et qui fait tout pour ma réussite

MAHDAB Islam

Dédicace

Grâce à dieu le très puissant nous avons achevé ce mode travail que je dédie à mon dieu merci.

A mes parents qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études Et surtout papa qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance

A mes frères Et mes sœurs

et ceux qui ont partagé avec mais tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail, il m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mais parcours A mes proches et a ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

Toubal sghir seyf eddine

ملخص

يهدف مشروع هذا الماستر الى دراسة المتغيرات المختلفة للراحة الحرارية في مبنى سكني. للقيام بذلك ، تم استخدام أداة CFD لإجراء نمذجة عددية لراحة الإنسان. المحاكاة العددية للمتغيرات المختلفة للراحة الحرارية تم اجرائها في النظام الرقائقي وفي النظام المضطرب. كما تم تحليل ومناقشة النتائج المختلفة التي تم الحصول عليها.

الكلمات المفتاحية: الراحة الحرارية، CFD، المحاكاة العددية، توزيع الهواء .

Résumé

Ce projet de master vise à étudier les différents paramètres du confort thermique dans un immeuble résidentiel. Pour ce faire, un outil CFD a été utilisé pour effectuer une étude paramétrique du confort thermique humain. La simulation numérique des différents paramètres de confort thermique est réalisée en régime laminaire et en régime turbulent. Les différents résultats obtenus sont analysés et discutés.

Mots clés : confort thermique, CFD, simulation numérique, distribution d'air.

Abstract

This master's project aims to study the different parameters of thermal comfort in a residential building. To do this, a CFD tool was used to perform a parametric study of human thermal comfort. The numerical simulation of the different thermal comfort parameters is carried out in laminar regime and in turbulent regime. The various results obtained are analyzed and discussed.

Keywords: thermal comfort, CFD, numerical simulation, air distribution.

Nomenclature

Symboles	Notations principales
A_c	Surface d'échanges thermiques convectifs (m^2)
A_d	Surface de Du Bois, surface cutanée totale (m^2)
$A_{d,cl}$	Surface corporelle de l'Homme vêtu (m^2)
A_e	Surface cutanée qui évapore parce qu'elle est mouillée(m^2)
A_r	Surface cutanée participant aux échanges thermiques radiatifs (m^2)
C	Flux convectif (W) ou ($W.m^2$)
C_{res}	Flux convectif de chaleur échangée par respiratoire (W) ou ($W.m^2$)
E	Flux évaporatoire (W) ou ($W.m^2$)
E_{res}	Flux échangé par évaporation pulmonaire (W) ou ($W. m^2$)
f_c	Rapport de la surface externe d'échange de l'Homme vêtu sur celle de l'Homme
F_{cl}	Facteur de modulation des échanges de chaleur Vestimentaire
h_c	Coefficient d'échange de chaleur par convection ($W. m^{-2} . K^{-1}$)
M	Activité métabolique (W) ou ($W.m^{-2}$)
M_{O_2}	Consommation d'oxygène ($L \cdot min^{-1}$)
M_{CO_2}	Production de dioxyde de carbone ($L \cdot min^{-1}$)
P_{aH_2O}	Pression partielle de vapeur d'eau ambiante(KPa)
P_{skH2O}	Pression saturante de vapeur d'eau à la température cutanée T_{sk}(KPa)
R	Flux radiatif de chaleur (W) ou ($W.m^{-2}$)
T_{cl}	Température de la surface externe du vêtement (K) ou (^oC)
T_a	Température de l'air (K) ou (^oC)
T_{eq}	Température équivalente (K) ou (^oC)
T_g	Température de globe noir (K) ou (^oC)
T_o	Température opérative (K) ou (^oC)
T_r	Température moyenne de rayonnement du milieu environnant (K)
T_{sk}	Température moyenne de peau (K)

Table des matières

Résumé

Introduction générale 2

Chapitre I

I.1 Introduction 5

I.2 Les apports calorifiques 5

I.2.1 Apportes à travers les parois opaques 5

I.2.1.1 Parois aériennes 5

I.2.1.2 Parois intérieures 8

I.2.1.3 Parois en contact avec le sol 9

I.2.2 Apports à travers les parois vitrées 11

I.5 Conclusion 19

Chapitre II

II.1 Introduction 22

II.2 Notion de confort 22

II.3 Impact les paramètres de l'environnent sur le confort 23

II.3.1 Confort et température 23

II.3.2 Confort et humidité 25

II.3.2.1 L'incidence sur la transpiration 25

II.3.2.2 L'impact de l'humidité relative dans un bâtiment 25

II.3.2.3 La plage de confort température-humidité 26

II.3.3 Confort et vitesse délai 28

II.3.4 Confort, activité et habillement 30

II.3.4.1L'estimation du niveau d'habillement 30

II.3.4.2 L'évaluation du niveau d'activité 31

II.4 Effets thermique d'un corps humain 32

II.4.1 Effet dû à la conduction 32

II.4.2 Effet dû à la convection 32

II.4. 3 Effet dus à la radiation 33

II.4.4 Effet de dû l'humidité 35

II.4.5 Effet métabolique 36

II.4.6 Effet vestimentaire 38

II.5 Bilan globale 39

II.5.1 Echanges par convection respiratoire (Cres) 39
II.5.2 Echanges par évaporation respiratoire(Eres) 39
II.6 Méthodes actuelles pour atteindre le confort thermique 40
II.6.1 Modèle de GAGGE 40
II.6.2 Modèle de FANGER 41
II.6.3 Paramètres influant le confort thermique 41
II.6.4 Calcul des indices de confort PMV et PPD 42

Chapitre III

III.1 Introduction 46
III.2 Option ANSYS 46
III. 3 fonctionnalités 47
III.3.1 Halal fort 47
III.3.2 Fonction post-traitement 47
III.4 Fonctions clés d'ANSYS 48
III.4.1 Analyse structurelle 48
III.4.2 Analyse thermique 48
III.4.3 Analyse de la dynamique des fluides 48
III.4.4 Analyse des champs électromagnétiques 48
III.4.5 Analyse acoustique 48
III.4.6 Analyse de l'électro pression 49
III.4.7 Analyse multifonction de champ 49
III.4.8 Conception optimale 49
III.4.9 Fonctions de programmation utilisateur étendues 49
III.4.10 Autres fonctions 49
III.5 Application ANSYS en génie mécanique 49
III.5.1 Étapes de base de l'analyse statique structurelle 50
III.5.2 Identifier les paramètres de performance des matériaux 50
III.5.3 Créer un modèle d'ingénierie et diviser le réseau 50
III.5.4 Gestion du compte 50
III.5.5 Calcul et solution: 51

Chapitre IV

IV.1 introduction 55
IV.2 Résultats et discussion 80

Conclusions générale

Conclusion 81
Références bibliographiques

Introduction générale

Introduction générale

La problématique du confort thermique dans le bâtiment n'est pas nouvelle. Socrate, déjà, évoquait au Ve siècle avant J.-C. l'intérêt de bien orienter les pièces à vivre de sa maison au soleil de midi, afin de profiter des apports solaires gratuits en hiver et conserver une atmosphère intérieure plus fraîche en été, lorsque le soleil est haut. Ce n'est toutefois que récemment, au cours du XXe siècle, que la problématique de confort thermique dans les bâtiments a été étudier de manière approfondie par les nombreux scientifiques. Ceci est grandement dû à l'accroissement de proportion de personnes travaillant dans des environnements clos. HALDANE en 1905, YAGLOGLOU en 1923, mais surtout FANGER dans les années 1970 ont notamment contribué à l'évolution de ces connaissances, et certains de leurs travaux sont encore utilisés aujourd'hui. Ces derniers ont permis de déterminer quels paramètres influencent le confort thermique. Des critères de conception ont ainsi pu être déterminés, et compilés dans différentes normes, afin que les solutions techniques retenues garantissent un confort maximal aux occupants des bâtiments [1].

La thermique du bâtiment est l'ensemble des sciences et techniques visant à étudier les besoins énergétiques des bâtiments. Elle aborde principalement les notions d'isolation thermique et de ventilation afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants.

Le confort thermique dans le bâtiment prend un grand intérêt vu son impact sur la qualitédes ambiances intérieures, la santé et la productivité de l'occupant. En thermique du bâtiment, deux méthodes sont souvent utilisées pour apprécier le confort thermique. Une méthode statistique et une méthode déterministe basée sur le calcul de la charge thermique du corps humain [2].

Malgré qu'on puisse affirmer que le premier confort atteint par l'humanité a été certainement la possibilité de disposer d'un endroit clos et couvert (un vrai abri), la notion de confort demeure plus vaste et ne peut se limite aux seules conditions phasiques qui déterminent le confort de type hygrothermique (température, humidité etc.)

Cette notion comprend aussi les paramètres esthétique et psychologique (qualité de la lumière, les espace vert, le paysage, la sécurité ; le prestige etc.)[3]

Les principaux facteurs qui régissent les échanges de chaleur entre une personne et son environnement et qui ont une incidence sur son confort thermique sont les suivants : pour la personne, l'activité physique (production de chaleur par le corps) et son habillement. Pour l'environnement la température de l'air et ses fluctuations, le rayonnement

thermique, l'humidité, la vitesse de l'air, la température des objets avec lesquels la personne est en contact [4].

Alors notre travail de master est composé en quatre chapitre organiser comme suit ;

Dans le premier chapitre nous avons présentés les principaux éléments du bilan thermique. Dans le deuxième chapitre nous avons abordé les détails du confort thermique et ses types et ce qu'il faut pour y parvenir. Le troisième chapitre est consacré à la simulation numérique de notre construction via le logiciel Ansys. Dans le dernier chapitre les résultats obtenus via la simulation numérique sont analysés et discutés. Une conclusion générale a été établie dans la fin de ce manuscrit.

Chapitre I

Généralités

I.1 Introduction

Ce chapitre est divisé en deux parties, tel que dans la première partie nous présentons le DTR avec explication de ses équations en bref. Dans la deuxième partie nous discuterons de l'effet thermique des plantes en générale et de son efficacité à réduire le bilan thermique. Ainsi, des différents approches de calcul pour estimer le bilan thermique hivernal (chauffage), estivale (climatisation) sont présentés. Le Document Technique Réglementaire (DTR) à pour objet de fixer : - les méthodes de détermination des apports calorifiques des bâtiments. - la méthode de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments. La norme DTR s'appliquent aux locaux : à usage d'habitation, d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salles de repos etc.). À usage de bureaux d'enseignement (classes, salles d'études etc.) d'accueil (bibliothèques, bureaux de poste, banques etc.) de réunion (salles de spectacle, lieux de culte etc.) de vente (boutiques, supermarché etc.) de restauration (café, restaurant, cantine etc.) à usage artisanal (salon de coiffure, laboratoire de boulangerie, petit atelier, etc.).

I.2 Les apports calorifiques

I.2.1 Apportes à travers les parois opaques

I.2.1.1 Parois aériennes

Les parois opaques aériennes sont celles qui sont en contact direct avec l'air extérieur (parois verticales ou horizontales). Le calcul est mené en régime variable. Pour estimer le flux à un instant donné pour une paroi en contact avec l'extérieur, on a recours à la notion de différence de température équivalente notée $\Delta te(t)$. La différence de température équivalente à un instant donné est une différence de température fictive qui produirait au même instant, en régime permanent, le même apport de chaleur dans le local que celui produit par le régime variable. Les apports de chaleur à travers une paroi opaque à un instant t, APO(t), sont donnés par la formule suivante [5]:

$APO(t)=Z\times Kété\times Sint\times \Delta te(t)$ …… (I-1)

- Z (Z=1.2) : Coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).
- Kété ($W/m^2.°C$) : Coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été
- Sint (m^2) : Surface intérieure totale de la paroi considérée ; pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface.
- Δ te(t) : (°C) Différence équivalente de température à l'heure t. Le coefficient Kété des parois opaques est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{k_{été}} = \sum R + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \qquad \text{I.2}$$

- R (m².C°/W) : Représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi

$\frac{1}{h}$ en m².°C/W	Paroi en contact avec : - l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			Paroi en contact avec : - un autre local, conditionné ou non conditionné, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Latéral (Mur) $\alpha > 60°$	0,10	0,04	0,14	0,10	0,11	0,21
(toiture) $\alpha \leq 60°$	0,16	0,04	0,20	0,16	0,17	0,33
(plancher)	0,08	0,04	0,12	0,08	0,09	0,17

Tableau I 1: Valeurs des coefficients d'échange superficiel [5].

I.2.1.1.1 Différence de température équivalente Δte(t)

te(t) i n s t a n t a n é est donnée par [5] :ΔLa différence de température équivalente

- Paroi ensoleillée

$$e(t) = \Delta tes(t) + C\Delta te + \alpha/0.9 \times [\Delta tem(t) - \Delta tes(t)] \times It,b \qquad \text{I.3}$$

Paroi à l'ombre 24h/24

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C\Delta te \qquad \text{I.4}$$

-Δtes(t) (°C) est la différence de température équivalente à l'heure t en considérant que la paroi est à l'ombre

- C Δte (°C) est un facteur de correction dû, d'une part, à la différence maximale ΔTS max de la température sèche de l'air entre l'extérieur et l'intérieur pour le mois considéré,

et d'autre part à l'écart diurne de base Eb pour le mois considéré.

- α est le facteur d'absorption de la paroi.

- Δtem(t) (°C) est la différence équivalente de température à l'heure t pour l'orientation de la paroi considérée.

- It,b (W/m²) est le rayonnement total de base pour le mois, la latitude et l'orientation considérés.

- It,b(40) (W/m²) est le rayonnement total de base pour le mois de Juillet, la latitude 40° Nord et pour l'orientation considérée.

Le rayonnement total de base, It,b (en W/m²), correspond aux apports de chaleur maxima, non amortis, dus au rayonnement solaire à travers un vitrage de référence dans les conditions de référence.

Le rayonnement diffus de base, Id,b (en W/m²), correspond aux apports de chaleur non amortis dus au rayonnement solaire à travers un vitrage de référence à l'ombre (c'est à dire pour la direction Nord) dans les conditions de référence.

Les valeurs de rayonnement solaire diffus de base sont données dans le tableau 2 :

Rayonnement total de base $I_{t,b}$ et diffus de base $I_{d,b}$ (en W/m²)										
Latitude Nord	Mois	ORIENTATION								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.
20°	Juillet	59	435	514	267	44	267	514	435	791
	Août	34	372	520	356	81	356	520	372	788
	Septembre	31	273	514	441	205	441	514	273	733
30°	Juillet	50	413	516	315	94	315	516	413	776
	Août	34	340	520	406	198	406	520	340	741
	Septembre	28	284	498	479	330	479	498	284	668
40°	Juillet	47	400	516	394	217	394	516	400	734
	Août	34	321	511	459	321	459	511	321	675
	Septembre	28	183	470	511	441	511	470	183	577

Tableau I 2 Rayonnement solaire de base

te(t) peut être positive (apports dansΔ La différence de température équivalente le local considéré), ou négative (déperditions). Dans le cas où la différence de température équivalente est négative, on n'en tiendra pas compte dans les calculs.

des parois extérieures est donné ci-après selon que la paroiα Le facteur d'absorption est peinte ou non.

d'une paroi extérieure peinte est donné en fonctionα Le facteur d'absorption ¬ de la couleur de la face extérieure de la paroi

-face extérieure de couleur sombre (bleu foncé, rouge foncé, brun foncé), α=0.90

-face extérieure de couleur moyenne (vert clair, bleu clair, gris clair), α=0.70

-face extérieure de couleur claire (blanc, crème), α=0.50

face extérieure de couleur noire mat, α=1

I.2.1.2 Parois intérieures

Les apports de chaleur à un instant t, APO(t), traversant une paroi opaque en contact¬ avec deux locaux conditionnés sont donnés par la formule suivante [5]:

$APO(t)= K_{été} \times S_{int} \times [TS_a - TS_b]$ I.5

- Kété : (W/m².°C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- Sint : (m²) est la surface intérieure de la paroi considérée.
– TSa : (°C) est la température sèche de l'air intérieur du local adjacent.
–TSb,i : (°C) est la température sèche de l'air intérieur du local considéré.

Les apports de chaleur à un instant t, APO(t), traversant une paroi opaque en contact avec un local non conditionné sont donnés par la formule suivante

$APO(t)= K_{été} \times S_{int} \times \Delta tInc(t)$ I.6

- Kété : (W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- S_{int} : (m²) est la surface intérieure de la paroi considérée.
- Δtlnc : (°C) représente l'écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré est donné par la formule suivante :

$\Delta tInc(t) = [(TSe(t) - C_{lnc}) - TS_b,i]$ I.7

TSe(t) : (°C) est la température extérieure sèche à l'instant considéré. –
Clnc : (°C) est un coefficient correcteur.
- TSb,i : (°C) représente la température intérieure du local conditionné.

I.2.1.3 Parois en contact avec le sol

Les apports par transmission à travers les parois en contact avec le sol sont calculés enfonction de la différence de niveau z. La différence de niveau z est [5] :

- pour un plancher, la différence comptée positivement entre le niveau de la face supérieure du plancher et le niveau du sol (voir figure 1).
- pour un mur enterré, la différence comptée positivement entre le niveau du sol et le niveau considéré du mur.

Les apports par transmission pour une paroi en contact avec le sol, plancher ou mur¬ enterré, sont considérés comme nuls au-delà de z = zlim (z > zlim) dont les valeurs sont données dans le tableau 3 .

Valeurs de Zlim						
Température du Local conditionné	Zones climatique					
	A	B ,C	B' <500m	D1	D2	D3
24	3.8	5.4	6.6	7.8	9.4	5.8
25	3.4	5.0	6.2	7.4	9.00	5.4
26	3.00	4.6	5.8	7.00	8.6	5.00
27	2.6	4.2	5.4	6.6	8.2	4.6

Tableau I 3 valeurs de Zlim(en m)

Les apports à travers un plancher en contacte aves le sol n'ont lieu que sur une bande de largeur égale à 5 mètres. Comptée à partir de périmètre interier.au delà de cette bande les apports par transmission sont considérés comme nuls.

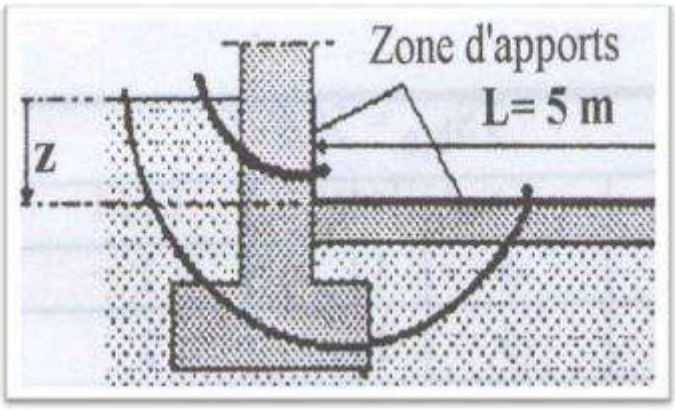


figure I 1 Zone d'apports pour des parois en contact avec le sol.

Les apports APO à travers une paroi en contact avec le sol sont donnée par

$$APO(t) = Sapp(TSm - TSbb,i)\times Kété \qquad I.8$$

- **Kété** (en W/m².°C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée .

$\mathbf{S_{app}}$ (en m²) est la surface de la zone d'apports

- $\mathbf{TS_m}$ (en °C) est la température moyenne sèche de l'air extérieur.
- $TS_{b,i}$ (en °C) est la température sèche de l'air intérieur du local considéré.

  - dans le cas ou les valeurs déterminées à l'aide de la formule précédente sont négatives, on¬ n'en tiendra pas compte dans les calculs

I.2.2 Apports à travers les parois vitrées

Les apports à travers les parois vitrées intérieures AVT(t) sont dus uniquement à la¬ différence de température de part et d'autre de la paroi. Ils sont donnés par [5]:.

$$APO(t)= K_{été}\times S_{ouv}\times[TS_e(t) - C_{lnc})-TS_{b,i}] \quad I.9$$

- **$K_{été}$** (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- **S_{ouv}** (en m²) est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- **$TS_e(t)$** (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure t.
- **C_{lnc}** est un coefficient correcteur.
- **$TS_{b,i}$** (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

➢ Les gains à travers les parois vitrées extérieures AV(t) sont donnés par :

$$AV(t)= AVT(t)+ AVE(t) \quad I.10$$

AVT(t) (en W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées, Les gains dus au gradient de température AVT(t) à travers les parois vitrées extérieures¬ sont donnés par :

$$AVT(t)= 1.2\times K_{été}\times S_{ouv}\times[TS_e(t)- TS_{b,i}] \quad I.11$$

- Kété : (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée

. - **S_{ouv}** : (en m²) est la surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

- TSe (t) : (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure t.
- $TS_{b,i}$: (en °C) est la température intérieure de base.

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t) sont donnés par

$$AVE(t)= [SV_{ens} \times I_t + (SV - Sv_{ens}) \times I_d]\times FS\times NPVI(t) \quad I.12$$

- SV : (en m²) est la surface totale vitrée.
- SVens : (en m²) est la surface vitrée ensoleillée.
- SV – Svens : (en m²) est la surface vitrée à l'ombre.
- It : (en W/m²) est le rayonnement total maximal réel. –

Id : (en W/m²) est le rayonnement diffus maximal réel.

- NPVI(t) : représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées l'heur t considérée. -FS : est le facteur solaire du vitrage.

I.4 Conclusion

Les documents techniques réglementaires (DTR) font partie des rares outils qui représentent la réglementation thermique en Algérie, ce sont des instruments plus ou moins complets qui précisent les règles de conception à suivre pour parvenir à une consommation énergétique rationnalisée. Sur le terrain, et bien que les DTR aient fait l'objet d'approbations par arrêtés ministériels, les professionnels du bâtiment ne sont pas jusqu'à présent contraints à s'y conformer. Les seuls documents généralement exigés lors du dépôt du permis de construire, sont ceux qui concernent le dossier architectural et l'étude de génie civil [11].

Chapitre II
Confort thermique

II.1 Introduction

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est caractérisé par les six paramètres suivants :

- Le métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
- L'habillement, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- La température ambiante de l'air Ta.
- La température moyenne des parois TP.
- L'humidité relative de l'air (HR), qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température Ta et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
- La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s [12].

Dans ce chapitre nous allons essayer de définir le concept de confort thermique et sa relation avec le paramètre de l'environnement, et nous ajoutons aussi différents les échange thermique d'un corps humain, nous montrons aussi différent type des indices de confort thermique et enfin comment appliquer modèle de FANGER.

II.2 Notion de confort

Le confort est une notion essentiellement subjective. Il peut être défini de diverses manières

- L'absence de plaintes pour inconfort.
- Une sensation de bien-être général.
- Les conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation du corps sont à un niveau minimum d'activité.

D'après la norme ISO 7730, il y a situation de confort thermique si deux conditions sont satisfaites :

- Le bilan thermique de l'individu est équilibré sans que ses mécanismes autorégulateurs ne Soient trop sollicités.
- il n'existe pas d'inconforts locaux dus :
  - à la sensation de courant d'air.
  - à l'asymétrie du rayonnement.

- au gradient vertical de température.
- à la température du sol [13].

II.3 Impact les paramètres de l'environnent sur le confort

II.3.1 Confort et température

Le confort est assuré par un équilibre entre l'homme et l'ambiance. Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu [12].



Figure II 1 PPD des personnes au repos et des personnes en travail léger [10].

La figure 1 expliqué le sentiment de confort thermique exprimé par les sujets eux-mêmes. Il s'agit de pourcentages prévisibles d'insatisfaits (PPD), exprimés sur l'axe vertical, pour des personnes au repos en position assise (celle qui font la sieste au bureau, par exemple), ou pour des personnes effectuant un travail léger (travail de bureau).

Il est impossible de définir une température qui convienne à tous : il reste au mieux 5 % d'insatisfaits.

Il est intéressant de constater que la courbe des sujets au repos est centrée sur 26°C, et qu'elle est plus resserrée, ces personnes sont plus sensibles à de faibles variations de température.

La courbe représentant le travail léger glisse vers les basses températures, les personnes ayant plus de chaleur à perdre préfèrent des températures plus basses [14].

La diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectue selon divers mécanismes :



Figure II 2 :Diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance [10]

- Plus de 50 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par la respiration ou à la surface de la peau).
- Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1 %).
- Le corps perd également 6 % de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée.

Cette importance de nos échanges par rayonnement explique que nous sommes très sensibles à la température des parois qui nous environnent [14].

II.3.2 Confort et humidité

II.3.2.1 L'incidence sur la transpiration

L'humidité relative ambiante influence la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire. Ainsi, une température extérieure de 24°C et une humidité relative de 82 % (après une pluie en période de forte chaleur), entraînent une forte impression de moiteur, due à l'impossibilité pour la peau d'évaporer l'eau de transpiration et donc de se rafraîchir.

Par contre, une température de 24°C conjointe à une humidité relative de 18 % (climat estival méditerranéen) permet de refroidir la peau par l'évaporation de l'eau de transpiration.

La chaleur nous paraît " très supportable "[12].

II.3.2.2 L'impact de l'humidité relative dans un bâtiment

L'humidité a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau [12].

L'inconfort n'apparaît que lorsque :

- L'humidité relative est inférieure à 30 %.
- L'humidité relative est supérieure à 70 %.

De faibles niveaux d'humidité (en deçà de 30 %) donnent lieu à certains problèmes : Augmentation de l'électricité statique, Gêne et irritation accrue à la fumée de tabac augmentation de la concentration en poussières dans l'air, etc.

De hauts niveaux d'humidité (au-delà 70 % HR) donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides.

Le diagramme ci-dessous, précisant la plage de taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique (d'après Scofield et Sterling) (Doc.Dri-Steem/Pacare).

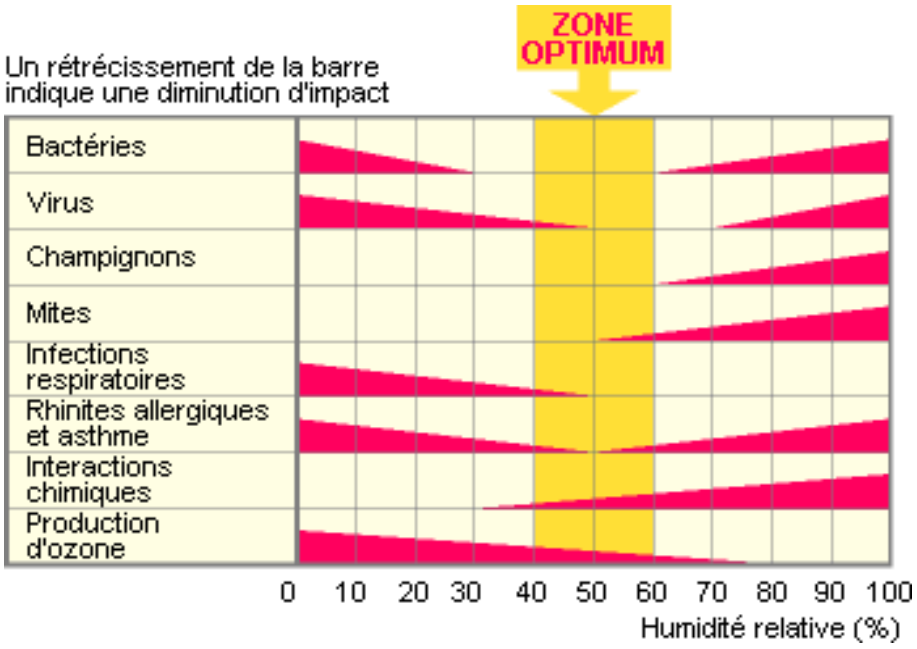


Figure II 3 Taux d'humidité ambiante optimale (Scofield et Sterling)[10]

Un air sec permet à certains microbes de se conserver en sporulant, augmente le risque d'in faction et d'allergies (poussières, pollens) et la concentration d'ozone.

Une humidité trop élevée favorise le développement des microbes et des acariens, favorise les réactions chimiques et les allergies aux composés chimiques.

L'humidité relative a peu d'effet sur le sentiment de confort, pour autant qu'elle se situe entre 30 et 70 % et que la température soit confortable. Un air frais et sec est mieux perçu qu'un air chaud et humide, ce qui permet de sérieuses économies : en abaissant la température et l'humidité de 23°C et 50% à 20°C et 40% on peut diminuer le débit d'air par personne de 10 à 3,5 l/s (36 à 13 m^3/h) sans que les occupants jugent que la qualité d'air diminue [14].

II.3.2.3 La plage de confort température-humidité

Pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22°C, on peut dès lors recommander que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.

Plus précisément, on peut définir une plage de confort hygrothermique dans le diagramme suivant (extrait de l'article de R. Fauconnier L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires parut dans le numéro 10/1992 de la revue Chauffage Ventilation Conditionnement) [12].

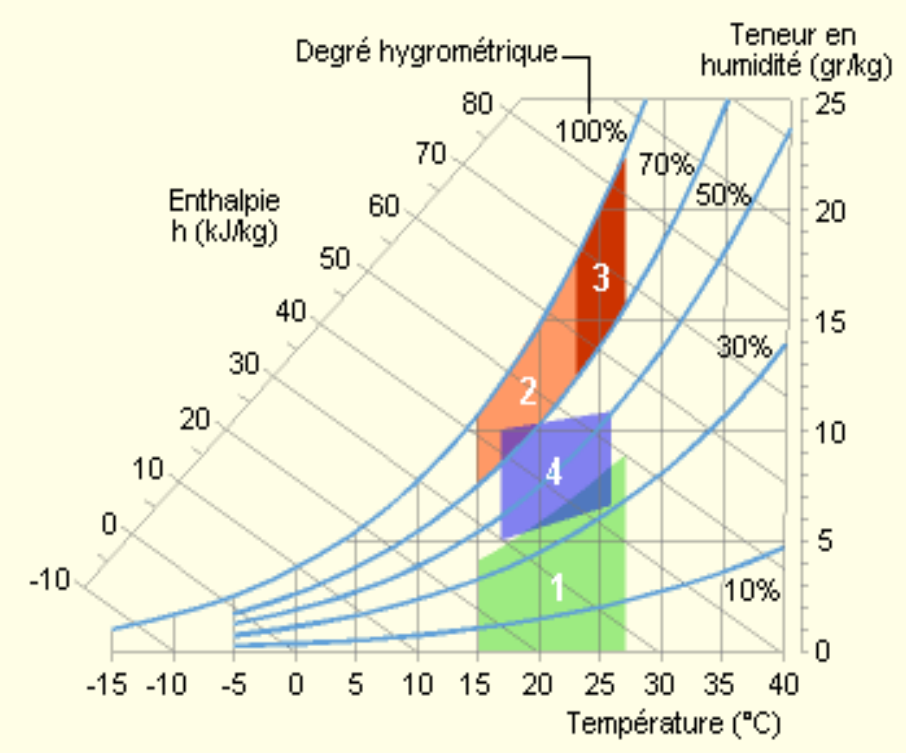


Figure II 4 Diagrammes d'humidité [10]

1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
2. et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
4. Polygone de confort hygrothermique.

A noter enfin que les limites d'humidité imposées en Suisse par la SIA V382/1 sont beaucoup moins exigeantes : on admet une humidité située en permanence entre 30 et 65 % HR, avec des pointes entre 20 et 75 % HR durant quelques jours par an.

De tels taux momentanés sont supportables physiologiquement, sans qu'il ne soit nécessaire de recourir à une humidification artificielle.

Pour plus d'informations sur l'impact du taux d'humidité sur la santé, on consultera l'ouvrage Manuel de l'humidification de l'air [14].

II.3.3 Confort et vitesse délai

La vitesse de l'air (et plus précisément la vitesse relative de l'air par rapport à l'individu) est un paramètre à prendre en considération, car elle influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau.

À l'intérieur des bâtiments, on considère généralement que l'impact sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,2 m/s.

À titre de comparaison : se promener à la vitesse de 1 km/h produit sur le corps un déplacement de l'air de 0,3 m/s.

Le mouvement de l'air abaisse la température du corps, facteur recherché en été, mais pouvant être gênant en hiver (courants d'air).Le tableau 1 Illustre les réactions observées en fonction de la vitesse résiduelle de l’air pour plusieurs situations possibles [12].

La fourniture d'air frais pour la ventilation d'un local n'entraîne en principe qu'un mouvement très faible de l'air. Le confort est donc directement lié à la qualité de la diffusion de l'air dans la pièce, afin d'assurer une vitesse réelle inférieure à 0,25 m/s au droit des occupants.

Pour les températures de locaux comprises entre 21 et 24°C, un déplacement d'air à la vitesse de 0,5 à 1 m/s donne une sensation rafraîchissante confortable à des personnes assises n'ayant que de faibles activités. Mais lorsqu'on fournit un travail musculaire dans des endroits chauds, des vitesses d'air de 1,25 à 2,5 m/s sont nécessaires pour apporter un soulagement.

On produit parfois des vitesses plus élevées lorsque des hommes sont soumis pour de courtes périodes à une chaleur rayonnante intense. Ce mouvement d'air sera obtenu à l'aide de ventilateurs.

L'effet rafraîchissant est ressenti peut-être exprimé en fonction de la diminution de la température de l'air qui donnerait le même effet rafraîchissant en air calme.

Vitesses résiduelles	Réactions	Situation
0 à 0,08 m/s	Plaintes quant à la stagnation de l'air.	Aucune.
0,13 m/s	Situation idéale.	Installation de grand confort.
0,13 à 0,25 m/s	Situation agréable, mais à la limite du confort pour les personnes assises en permanence.	Installation de confort.
0,33 m/s	Inconfortable, les papiers légers bougent sur les bureaux.	Grandes surfaces et magasins.
0,38 m/s	Limite supérieure pour les personnes se déplaçant lentement.	Grandes surfaces et magasins.
0,38 à 0,5 m/s	Sensation de déplacement d'air important.	Installations industrielles et usines où l'ouvrier est en mouvement.

Tableau II 1 Réactions observées en fonction de la vitesse résiduelle de l'air [10]

Le tableau 2 donne les valeurs extraites du Guide pratique de ventilation (valables pour des conditions moyennes d'humidité et d'habillement).

Vitesse de l'air [m/s]	Refroidissement équivalent [°C]
0,1	0
0,3	1
0,7	2
1,0	3
1,6	4
2,2	5
3,0	6
4,5	7
6,5	8

Tableau II 2 Vitesse de l'air et refroidissement équivalent [10]

L'importance du mouvement d'air nécessité pour obtenir un effet rafraîchissant peut être évaluée dans une certaine mesure par l'expérience personnelle des vitesses extérieures de l'air. La sensation de fraîcheur produite par un vent léger soufflant par une fenêtre par une chaude journée est familière à chacun. La vitesse généralement désignée par "brise légère" est de l'ordre de 2,5 m/s [12].

L'échelle de Beaufort des vents reproduite sur le tableau ci-dessous donne des vitesses des vents en (km/h) et en (m/s) :

Force du vent à l'échelle Beaufort	Nature du vent	Vitesse en (m/s)	Vitesse en (km/h)
0	Calme	-	-
1	Air léger	1.5	5.4
2	Brise légère	3	10.8
3	Brise douce	5	18
4	Brise modérée	7	25
5	Brise fraîche	9	32.4
6	Brise forte	11	39.6
7	Vent modéré	13	47
8	Vent frais	15	54
9	Vent fort	18	65
10	Grand vent	21	76
11	Tempête	28	100
12	Ouragan	45	160

Tableau II 3 Vitesse des vents suivant l'échelle de Beaufort [10]

II.3.4Confort, activité et habillement

II.3.4.1L'estimation du niveau d'habillement

Le niveau d'habillement des occupants est caractérisé par une valeur relative, exprimée en "clo", l'unité d'habillement [12].

Le tableau 4 illustre les diverses valeurs du métabolisme pour diverses activités.

Tenue vestimentaire	Habillement
Nu.	0
Short.	0,1
Tenue tropicale type (short, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et sandales).	0,3
Tenue d'été légère (pantalon léger, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et chaussures).	0,5
Tenue de travail légère (chemise de travail en coton à manches longues, pantalon de travail, chaussettes de laine et chaussures).	0,7
Tenue d'intérieur pour l'hiver (chemise à manches longues, pantalon, pull-over à manches longues, chaussettes épaisses et chaussures).	1,0
Tenue de ville traditionnelle (complet avec pantalon, gilet et veston, chemise, chaussettes de laine et grosses chaussures).	1,5

Tableau II 4 Valeurs de clo pour différents habillements [10].

II.3.4.2 L'évaluation du niveau d'activité

ctivité	W/m²	met
Repos, couché	45	0,8
Repos, assis	58	1
Activité légère, assis (bureau, école)	70	1,2
Activité légère, debout (laboratoire, industrie légère)	95	1,6
Activité moyenne, debout (travail sur machine)	115	2,0
Activité soutenue (travail lourd sur machine)	175	3,0

Tableau II 5 : Valeurs de met pour différents activité [10]

II.4Effets thermique d'un corps humain

L'homme produit et échange de la chaleur. Sa production de chaleur interne se répartit dans sa masse corporelle tandis que ses échanges thermiques externes se font à la surface cutanée (Ad : surface de Dubois, Dubois Area).

II.4.1 Effet dû à la conduction

Même si nous échangeons parfois de la chaleur par conduction(K), seules de petites zones corporelles sont concernées. Quand des parties plus grandes de notre surface sont en contact avec des éléments de mobilier (chaise, fauteuil, canapé, lit), les tissus en contact se mettent rapidement en équilibre et se comportent comme un isolant thermique par rapport à l'ambiance : globalement donc, en régime permanent, on néglige les températures de surface et les aspects conductifs en les incluant dans les échanges convectifs [15].

II.4.2 Effet dû à la convection

La température de l'air est un paramètre très important parce qu'elle participe activement et de façon permanente (dans nos climats, du moins) à notre déperdition calorique du fait de sa part active dans les échanges convectifs. Son impact est d'autant plus grand que les vitesses de l'air et des courants sont également influentes dans cette modalité d'échange.

II.4. 3 Effet dus à la radiation

La température de rayonnement correspond à la température des surfaces avec lesquelles le corps humain échange de la chaleur.

Le flux radiatif dépend de la constante de Stefan-Boltzmann, de l'émissivité des corps, des différences des puissances quatrièmes de températures des surfaces et des facteurs de forme. Dans un souci de simplification et par analogie avec l'échange convectif.

II.4.4 Effet de dû à l'humidité

A priori, l'humidité en elle-même n'a pas beaucoup d'impact sur les échanges thermiques. Elle intervient parce que l'organisme humain a des muqueuses qui, par définition, sont toujours moites ou mouillées (lèvres, yeux, voies respiratoires). À ce niveau les échanges sont relativement faibles mais la perception des changements est grande.

II.4.5 Effet métabolique

La production de chaleur métabolique est le reflet de la vie cellulaire qui résulte de la consommation d'oxygène (M_{O2}) et du dégagement du gaz carbonique (M_{CO2}) dont les quantités varient en fonction du substrat énergétique dégradé (glucides, lipides, protides). En état stable, la quantité de chaleur métabolique produite se déduit de la consommation d'oxygène calculée à partir des débits d'air ventilé et de la différence de concentration entre l'air inspiré et l'air expiré. En conditions normales, lorsque l'organisme est au repos et en équilibre nutritionnel, le quotient respiratoire global de l'organisme est de 0,83. Pour une telle valeur, la consommation de chaque litre d'oxygène par heure produit en moyenne 5,57 (W). Or, l'Homme au repos consomme 0,31 (L) d'oxygène à la minute, soit 18,6 ($L.h^{-1}$) il dégage donc 104 (W) (58 $W.m^{-2}$pour l'Homme standard de 1,8 m^2) : c'est le métabolisme de repos (sujet assis, vêtu à la thermo neutralité) correspondant à la chaleur métabolique puisque aucun travail n'est fourni à l'extérieur du corps humain.

En condition de vie au bureau, à l'école, à la maison, on estime le métabolisme non pas à partir de la consommation d'oxygène, trop complexe à obtenir, mais à partir des activités de l'individu, de ses mouvements et du type d'activité. On considère le rendement nul.

Travail	Léger (w/m²)	Moyen (w/m²)	Lourd (w/m²)
Mains	10 à 22	22 à 34	34 à 46
1 Bras	25 à 45	45 à 65	65 à 85
2 Bras	55 à 75	75 à 95	95 à 115
Corps	95 à 155	155 à 230	230330

Tableau II 6 Valeurs de met pour différents activité [13]

II.4.6 Effet vestimentaire

Les climats des régions de l'hémisphère nord ne nous permettent pas de vivre en équilibre thermique sans protection vestimentaire. Supposons en effet qu'à 21 ^oC de température ambiante en air calme, l'Homme ait une température cutanée moyenne de 33,4 ^oC. Il existerait donc un écart thermique de 12,4 K entre sa peau et l'environnement. Or, l'équilibre thermique de l'individu au repos assis suppose qu'il ne perde, par convention et rayonnement, pas plus que son métabolisme, ici de l'ordre de 44 ($W \cdot m^{-2}$) quand on a déduit, des 58 ($W \cdot m^2$) du repos, les pertes

convective et évaporatoire liées à la respiration et qui représentent 14 ($W \cdot m^{-2}$). La résistance totale à produire pour ne perdre que ces 44 ($W \cdot m^{-2}$) restant à éliminer est donc de soit 0,28 ($K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$) [15].

Cet isolement de 0,28 ($K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$) correspond à l'isolement total It, qui est la somme de deux isolements : l'isolement de la couche limite d'air (Ia) et l'isolement vestimentaire (Icl).

II.5 Bilan globale

La stabilité de la température corporelle chez l'homme implique un équilibre entre la production de chaleur endogène, résultat du métabolisme de base et du travail physique et les pertes de chaleur vers le milieu extérieur.

L'équation du bilan thermique à l'équilibre s'écrit :

$$B = Cres + Eres + K + C + R + E - H \text{……..(II-12)}$$

Un bilan B nul correspond à l'équilibre thermique de l'organisme humain impliquant une stabilité des températures corporelles.

Cette équation impose que la production de chaleur interne du corps (H) est, à l'équilibre thermique, compensée par les échanges de chaleur au niveau des voies respiratoires par convection (Cres) et évaporation (Eres) ainsi que par les échanges au niveau de la peau par conduction (K), convection (C), rayonnement (R) et évaporation (E) [14].

II.5.1 Echanges par convection respiratoire (Cres)

Les échanges par convection ont lieu entre un solide et un fluide ou entre deux fluides. Au niveau respiratoire (Cres en W.m-2) les échanges sont fonction du débit ventilatoire et de la différence de température entre l'air inspiré et l'air expiré [16].

$$Cres = 0{,}0014\ M\ (34 - ta)$$

-M : le métabolisme en ($W.m^{-2}$).

-t_a: est la température de l'air inspiré en (°C).

II.5.2 Echanges par évaporation respiratoire(E_{res})

En ambiance chaude, la perte de chaleur par évaporation respiratoire (E_{res} en $W.m^{-2}$) est le plus souvent minime. Toutefois, l'utilisation de protections respiratoires notamment les appareils à adduction d'air qui utilisent un air relativement sec peut augmenter très sensiblement l'évaporation par voie respiratoire [14].

En pratique, ce flux peut être estimé par l'expression proposée par FANGER (1972) :

$$E_{res} = 0{,}000017\ M(5867\text{-}Pa)$$

-P_a : est la pression saturante de vapeur d'eau(Pa).

II.6 Méthodes actuelles pour atteindre le confort thermique

Les normes et méthode actuellement en matière de confort thermique portent principalement sur les conditions de confort thermique dans des conditions stables. La plupart des études du confort thermique ont été men en laboratoire et sont basée sur des évaluations du transfert thermique entre les êtres humain et leur environnement ainsi que des conditions physiologiques requises pour un confort thermique.

Les méthodes les mieux connue et les plus largement acceptées sont l'indice de confort thermique PMV proposé par FANGER (FANGER 1972) le modèle a deux nœuds de thermorégulation humaine de J.B. Pierce, (GAGGE 1973 et GAGGE et al. 1986). Plusieurs normes de confort thermique stable ont été établies sur base de ces modèle [3].

II.6.1 Modèle de GAGGE

Pour ce modèle, GAGGE a modélisé le corps humain en deux compartiments concentriques représentant le centre du corps et la peau. Le modèle est une version simplifiée de celui développé par STOLWIJK et Hardy pour la NASA [ASHRAE Hand-book]. Contrairement au modèle statique de FANGER, ceci est un modèle dynamique qui permet de prévoir les variables physiologiques sous des conditions instationnaires. En sortie du modèle, la température cutanée et la mouillure cutanée sont utilisées pour le calcul d'un indice développé par GAGGE, le SET. Cet indice représente la température équivalente d'une enceinte isotherme à 50 % d'humidité relative, dans laquelle un sujet portant une vêture standard échangerait la même quantité de chaleur et aurait la même réponse physiologique que dans l'enceinte réelle dans laquelle il se trouve. Cet indice est ainsi associé au confort thermique [17].

II.6.2Modèle de FANGER

FANGER a déterminé expérimentalement les conditions physiologiques (température cutanée et sudation) nécessaires pour le confort thermique sous des conditions thermiques homogènes et stationnaires. En écrivant le bilan thermique, il a exprimé, à l'aide de l'indice PMV, la sensation thermique en fonction de l'écart du flux de chaleur cédé par le corps à l'environnement par rapport à celui qui correspondent aux conditions de confort. Le PMV exprime la sensation thermique moyenne éprouvée par un large groupe d'individus sur l'échelle de sensation thermique de l'ASHRAE [13].

-3	très froid	
-2	Froid	insatisfait parce que trop froid
-1	Frais	
0	confortable	Satisfait
1	Tiède	
2	Chaud	insatisfait parce que trop chaud
3	très chaud	

La sensation thermique n'étant pas suffisante pour exprimer le confort, FANGER a proposé un autre indice qui complète le PMV. Le pourcentage prévisible d'insatisfaits, appelé PPD (Predicted Pourcentage of Dissatisfied) qui exprime la part des sujets insatisfaits dans une condition donnée [17].

II.6.3 Paramètres influant le confort thermique

En 1982, FANGER a établi une équation prédisant le PMV à partir des paramètres de confort qui sont énumérés ci-dessous [13]:

- Température de l'air
- Température radiante moyenne
- Vitesse relative de l'air
- Pression partielle de vapeur d'eau
- Activité métabolique du sujet
- Son travail mécanique fourni
- Surface de peau du sujet

CHAPITRE III
LOGICIEL ANSYS

III.1 Introduction

Ansys est un éditeur de logiciels spécialisé en simulation numérique. L'entreprise a son siège à Canonsburg en Pennsylvanie aux États-Unis. ANSYS développe, promeut et assure le support de ses logiciels de simulation servant à prédire le comportement d'un produit dans son environnement. Ses produits majeurs sont des logiciels qui mettent en œuvre la méthode des éléments finis, afin de résoudre des modèles préalablement discrétisés. La société possède de nombreuses filiales3 à travers le monde, notamment en Europe et en Asie

Ainsi que c'est un programme commercial à usage général à échelle limitée à usage général, avec des processeurs avant et arrière entièrement fonctionnels, de puissantes capacités de traitement graphique, des solutions multiplateformes exotiques, une plate-forme prenant en charge NT, LINUX, UNIX, un réseau hétérogène hétérogène et de nombreuses plates-formes matérielles de base de données compatibles, des fonctionnalités cohérentes et une interface unifiée.[18]

III.2 Option ansys

Les options Ansys SI est idéal pour analyser l'intégrité du signal, l'intégrité de l'alimentation et les problèmes EMI causés par la réduction des marges de synchronisation et de bruit dans les pcb, les boîtiers électroniques, les connecteurs et autres interconnexions électroniques complexes. HFSS avec l'option SI peut gérer la complexité de la conception d'interconnexion moderne de bout en bout sur les circuits intégrés, les boîtiers, les connecteurs et les circuits imprimés. En tirant parti de la capacité avancée de simulation de champ électromagnétique HFSS liée dynamiquement à la puissante simulation de circuit et de système, les ingénieurs peuvent comprendre les performances des produits électroniques à grande vitesse bien avant de construire un prototype en matériel. Cette approche permet aux entreprises d'électronique d'obtenir un avantage concurrentiel avec un délai de mise sur le marché plus rapide, des coûts réduits et des performances système améliorées. L'option Ansys SI ajoute l'analyse de circuit transitoire à HFSS. Cela permet aux ingénieurs de créer des conceptions de canaux à grande vitesse qui incluent les circuits d'entraînement ainsi que le canal. Les circuits d'entraînement peuvent être au niveau du transistor, à base d'IBIS ou de sources idéales. Lors de l'exécution d'analyses sur ces canaux, un utilisateur peut choisir parmi différents types d'analyse :

- Analyse linéaire du réseau (incluse avec HFSS)

- Analyse transitoire
- Analyses QuickEye et VerifEye pour une génération oculaire rapide dans la conception de canaux à grande vitesse, les courbes de baignoire, la gigue et les masques oculaires
- Analyse Monte Carlo prenant en charge les fonctionnalités Spectre® et HSPICE®
- Analyse DC avec convergence automatisée
- Liens dynamiques avec Ansys Q3D Extractor et Ansys SIwave
- Analyse IBIS-AMI et prise en charge des modèles[18]

III. 3 fonctionnalités

ANSYS dispose d'une technologie de modélisation puissante. Semblable aux programmes de CAO les plus populaires. Grâce à des méthodes descendantes ou ascendantes, en plus des processus logiques, de la coordination de conversion, de la construction de courbes, de la technologie d'habillage, du glissement, de la rotation, de la copie, de la copie correspondante, de la radiation, etc., vous pouvez créer un véritable reflet de la structure géométrique d'un modèle d'ingénierie complexe.

_ANSYS fournit deux technologies de réseau de base: le réseau intelligent et le réseau désigné, adaptés respectivement aux débutants et aux utilisateurs avancés. Une variété d'outils de mise en réseau tels que le réseau intelligent, l'adaptation, la division locale, le réseau de couches, la transformation du réseau, l'unité pyramidale (unité de transition hexagonale et quadrant de surface), etc., aident les utilisateurs à compléter des modèles d'éléments micro-limités.

_En outre, ANSYS fournit également une interface de données personnalisée avec un logiciel de CAO, qui peut réaliser un transfert de modèle d'ingénierie transparent avec LA CAO. Ces programmes de CAO incluent Pro/E, UG, CATIA, lDEAS, Solidwork, Solid edge, Inventor, MDT, etc. ANSYS peut également lire des fichiers graphiques standards aux formats SAT, STEP, ParaSolid et lGES.

_En outre, ANSYS contient également environ 200 types d'articles. Les propriétés de ces éléments riches permettent aux utilisateurs de créer des modèles de compte de simulation de manière appropriée et précise qui reflètent la structure réelle.[18]

III.3.1 Halal fort

ANSYS fournit une analyse de divers champs physiques et est actuellement le seul programme d'éléments limités qui peut intégrer la structure, la chaleur, l'électromagnétisme, le champ d'écoulement, l'acoustique, etc. En plus de l'analyse structurelle dynamique linéaire, non linéaire et dynamique traditionnelle, il peut également résoudre l'analyse dynamique, l'analyse structurelle non linéaire et non linéaire de structures hautement non linéaires. Les différents solvants fournis conviennent à différents problèmes et configurations matérielles.

III.3.2 Fonction post-traitement

Le traitement ANSYS ultérieur est utilisé pour surveiller les résultats de l'analyse pour ANSYS. Le traitement ANSYS ultérieur est divisé en deux parties: l'unité générale de post-traitement et l'unité de traitement ultérieure. Les résultats post-traitement peuvent inclure la température de déplacement, la vitesse du stress et des émotions, le flux de chaleur, etc. Le modèle de sortie peut avoir deux types d'affichage graphique et une liste de données. ANSYS fournit également des outils pour traiter les résultats d'un calcul automatique ou manuel du journal de temps.

III.4 Fonctions clés d'ANSYS

ANSYS fournit une analyse de divers champs physiques, un programme général et étendu d'analyse d'éléments limités qui peut intégrer la structure, les fluides thermiques, l'électromagnétisme et l'acoustique. Ses principales fonctions sont les suivantes :

III.4.1 Analyse structurelle

L'analyse structurelle est l'un des domaines les plus couramment utilisés pour appliquer des méthodes d'analyse d'éléments limités. Structure qu'ANSYS peut compléter
L'analyse comprend: l'analyse statique structurelle; l'analyse structurelle non linéaire; l'analyse de la dynamique structurelle; la solution implicite, explicite, explicite, implicite.

III.4.2 Analyse thermique

L'analyse thermique est utilisée pour calculer la distribution et la modification des grandeurs physiques thermiques telles que la température du système. L'analyse thermique qu'ANSYS peut effectuer est la suivante: analyse de champ de température stable; analyse de champ de température transitoire; analyse de changement de phase; analyse de rayonnement.

III.4.3 Analyse de la dynamique des fluides

La fonction d'analyse cfd flotran d'ansys peut effectuer une analyse 2d, 3d et dynamique des fluides stables, qui peut compléter l'analyse suivante: analyse de l'écoulement de la page et de l'écoulement perturbé; analyse de la charge libre et de la chaleur forcée; analyse du flux de compression / non-compression; analyse subsonique, sans voix, supersonique; analyse de l'écoulement multi-composants; analyse libre des murs mobiles et des façades; analyse des fluides newtoniens et non newtoniens; analyse du debit interne et externe; amortissement distribue et modele fan; limites des conditions de rayonnement thermique et du debit du tube.

III.4.4 Analyse des champs électromagnétiques

ANSYS peut analyser les problèmes de champ électromagnétique tels que l'induction, l'amplitude, le vortex, la distribution du champ électrique, les lignes de champ magnétique et les loss.It peut également être utilisé pour concevoir et analyser des fichiers en spirale, des générateurs, des transformateurs, des analyseurs électriques et d'autres dispositifs. Son contenu comprend principalement: l'analyse du champ magnétique statique 2D, 3D et symétrique; le champ magnétique 2D, le temps variable 3D et axisymétrique; l'analyse du champ magnétique AC; l'analyse du champ électrostatique et du champ électrique AC;

III.4.5 Analyse acoustique

ANSYS peut étudier la propagation des ondes sonores dans les milieux contenant des fluides et analyser les propriétés dynamiques des structures solides immergées dans les fluides. Sa gamme comprend: les ondes sonores qui se propagent dans le fluide au milieu du récipient; les ondes sonores qui se propagent dans le milieu solide; l'analyse dynamique des structures sous-marines; et l'unité d'absorption de surface infinie.

III.4.6 Analyse de l'électropression

Utilisé pour répondre à une structure 2D ou 3D d'AC, DC ou de tout courant variable ou charge mécanique au fil du temps. Les principaux contenus de la recherche sont les suivants: analyse de l'état stable, analyse transitoire; analyse de la réponse harmonique; analyse de la réponse transitoire; AC, DC, charge électrique variable dans le temps ou analyse de la charge mécanique.

III.4.7 Analyse multifonction de champ

L'analyse de champ multi-appariement consiste à prendre en compte l'interaction entre deux ou plusieurs physiques. LES CARACTÉRISTIQUES DE LA BASE DE DONNÉES CONSOLIDÉE ANSYS ET LA COEXISTENCE DE L'ANALYSE MULTIPHYSIQUE

GARANTISSENT QUE LE DOMAINE DE L'ANALYSE D'APPARIEMENT PEUT ÊTRE EFFECTUÉ DE MANIÈRE APPROPRIÉE, ET LES TYPES D'APPARIEMENT AUTORISÉS SONT LES SUIVANTS: CONTRAINTE THERMIQUE, CHALEUR MAGNÉTIQUE, STRUCTURE MAGNÉTIQUE, CHALEUR D'ÉCOULEMENT DE FLUIDE, INSTALLATION DE FLUIDE; ÉLECTRICITÉ THERMIQUE; ÉLECTRICITÉ MAGNÉTIQUE - CHALEUR - LIQUIDE - PRESSION.

III.4.8 Conception optimale

La conception optimale est une méthode pour trouver le plan de conception parfait. ANSYS offre une variété de méthodes d'amélioration, y compris des méthodes de classement zéro et des méthodes de premier ordre. En réponse, ANSYS fournit une série d'analyses, d'évaluations et de corrections. En outre, ANSYS fournit également une série d'outils d'optimisation pour améliorer l'efficacité du processus d'optimisation.

III.4.9 Fonctions de programmation utilisateur étendues

Une fonctionnalité modifiable par l'utilisateur (UPFS) fait référence à la structure ouverte du logiciel ANSYS qui permet aux utilisateurs de connecter leur logiciel FORTRAN et leurs sous-processeurs. UPFS permet aux utilisateurs de personnaliser le logiciel ANSYS selon leurs besoins, tels que les propriétés de matériau définies par l'utilisateur, les types d'éléments, les critères de défaillance, etc. En liant leur logiciel FORTRAN, les utilisateurs peuvent créer une version du logiciel ANSYS pour leur ordinateur.

III.4.10 Autres fonctions

Certaines des autres fonctions avancées prises en charge par ANSYS incluent la conception de l'optimisation de la topologie, les réseaux adaptatifs, les sous-couches, les sous-structures et la naissance et la mort des éléments.

III.5 Application ANSYS en génie mécanique

Couvre de nombreux aspects tels que l'ingénierie de la construction de logements, l'ingénierie des ponts, l'ingénierie des pentes, l'ingénierie des tunnels et des souterrains, l'ingénierie des fondations, l'ingénierie des barrages, etc.

III.5.1 Étapes de base de l'analyse statique structurelle

(1) Sélectionnez le type d'unité:

La liste principale | | de préprocesseur L'élément | Type | Les commandes Ajouter/modifier/supprimer affichent la boîte de dialogue « Types d'éléments », cliquez sur le bouton « Ajouter » et la boîte de dialogue « Bibliothèque de types d'éléments » apparaît. Dans la zone de menu, sélectionnez le type d'unité et cliquez sur OK

III.5.2 Identifier les paramètres de performance des matériaux :

Sélectionnez la liste principale | | du processeur principal Accessoires physiques | Commande « Modèles de matériaux ». La boîte de dialogue affiche « Définition du comportement du modèle de matériau ». Dans la colonne matériau disponible, double-cliquez sur les options structurelles, linéaires, flexibles et séquentielles. Entrez (coefficient flexible) 2.2E11 dans le champ de saisie EX, (2.2E11 = 220Gpa)

Entrez (rapport de Poisson) 0,3 dans PRXY et cliquez sur OK pour fermer la boîte de dialogue.

III.5.3 Créer un modèle d'ingénierie et diviser le réseau :

Sélectionnez la liste des outils | | fichier Importer pour importer des éléments limités au modèle.

À travers la liste principale | | de préprocesseur | de modélisation Créer | Point/ligne.... Ajoutez des points et des lignes importants pertinents au modèle d'éléments limités.

Sélectionnez la liste principale | | de préprocesseur réseaux | Outil réseau | Vérifiez la taille intelligente, sélectionnez les volumes dans le menu déroulant réseau, puis cliquez sur le bouton haut réseau | La boîte de dialogue de sélection s'affiche, sélectionnez le formulaire d'élément limité à l'aide de la souris, puis modifiez la couleur entière du formulaire, cliquez sur OK pour lancer la liaison et fermer la boîte de dialogue en double une fois la liaison terminée.

III.5.4 Gestion du compte :

La liste principale | La solution est | Type d'analyse | Nouvelles | d'analyse Sélectionnez Fixe Cliquez sur « OK »

Menu principal | | de solution Définir les charges | Appliquer | | structurelle | de déplacement Sur les nœuds/point/ligne/zone....

La liste de sélection s'affiche. Utilisez la souris pour sélectionner le point, la police ou la zone à ajouter, puis cliquez sur OK.

Une autre boîte de dialogue s'affiche, sélectionnant la direction à restreindre dans la boîte de dialogue de liste. UX/UY/UZ ou tous. Entrez O dans la valeur de décalage

Cette étape consiste à identifier les restrictions de déplacement. S'il existe plusieurs restrictions, suivez plusieurs fois les étapes ci-dessus.

La liste principale | La solution est | Sélectionner les charges | Appliquer | | structurelle pression | Sur les nœuds/point/ligne/zone.... La liste de sélection s'affiche. Utilisez la souris pour sélectionner le point, la ligne ou la zone à charger la force. Cliquez sur « OK » pour afficher la boîte de dialogue Télécharger l'alimentation

Dans la valeur VALUE Load PRES, entrez la taille de puissance de charge (indiquée dans la direction avec une balise plus ou moins), puis cliquez sur OK pour fermer la boîte de dialogue.

III.5.5 Calcul et solution:

La liste principale | La solution est | Résoudre | Le LS actuel affiche la boîte de dialogue résolvant le téléchargement STEP en cours, cliquez sur OK pour démarrer la solution

Une fois résolu, la boîte de dialogue NOTE s'affiche et le bouton de fermeture du moteur.

III.5.6 Voir les résultats :

Sélectionnez la liste principale | Les résultats post-procédure sont généralement | | résultats du dessin Ordre de forme déformé. La boîte de dialogue affiche une « forme déformée ». Sélectionnez l'option Def + undefedg dans l'option KUND elements à dessiner. Cliquez sur OK,

ANSYS affiche une géométrie déformée et une disposition non consolée.

Sélectionnez la liste principale | Résultats généraux de Postproc | | résultats du dessin Dessiner l'océan | Ordre Nodal solu. La date de solution nodale du contour s'affiche. Dans la liste des éléments à sélectionner, Nodal a sélectionné la solution | pression | Compression de composants X, les options restantes sont virtuelles. Cliquez sur OK et ANSYS affiche la carte de l'océan pour répartir le champ de pression dans la direction X comme indiqué.

Sélectionnez la liste principale | Résultats généraux de Postproc | | résultats du dessin Dessiner l'océan | Ordre Nodal solu. La date de solution nodale du contour s'affiche. Dans la liste des éléments à sélectionner, Nodal a sélectionné la solution | pression |

Von Mises souligne, le reste des options par défaut. Cliquez sur « OK », ANSYS affiche une carte de l'océan pour la distribution du champ de pression équivalent.[18]

III.6 Analyse de la dynamique structurelle

L'analyse dynamique structurelle examine la réponse de la structure aux charges dynamiques (par exemple, la date de déplacement, la contrainte, l'accélération, etc.) pour déterminer l'endurance et les caractéristiques dynamiques de la structure. Il existe plusieurs types de méthodes d'analyse dynamique ANSYS, qui sont brièvement présentées séparément.

III.6.1 Analyse formelle

L'analyse standard peut être utilisée pour déterminer les propriétés vibratoires (fréquence et position naturelles) de la structure ou des composants de la machine dans la conception. Il peut également être utilisé comme point de départ pour une analyse dynamique plus détaillée, telle que l'analyse dynamique transitoire, l'analyse de la réponse harmonique et la spectroscopie.

L’analyse standard peut être utilisée pour déterminer la fréquence naturelle et la méthode de construction. La fréquence naturelle et le mode de vibration sont des paramètres importants dans la conception de structures exposées à des charges dynamiques. Si la spectroscopie ou la méthode de superposition conditionnelle est nécessaire pour analyser la réponse harmonique ou analyser la dynamique transitoire, la fréquence naturelle et la forme du mode sont également nécessaires.

L’analyse modulaire ANSYS est une analyse linéaire, et toutes les propriétés non linéaires (telles que les plastiques et les éléments de contact) seront ignorées même si elles sont identifiées. Une analyse formelle compressée, une analyse de déformation statique de grande taille, une analyse formelle compressée antérieure, une analyse formelle symétrique symétrique périodique symétrique, une analyse formelle symétrique périodique symétrique, une structure formelle non amortissante et un amortisseur d’analyse d’état peuvent être effectués. Il existe sept méthodes d’extraction de milieu en analyse conditionnelle, à savoir le bloc lansos, la méthode de répétition de sous-espace, la méthode de réduction ou de condensation, la méthode PowerDynamics, la méthode asymétrique, la méthode d’amortissement, la méthode d’amortissement QR, qui est utilisée par défaut par la méthode de Lanzos divisée.

III.6.2 Analyse de la réponse harmonique

Toute charge périodique continue entraînera une réponse périodique continue (réponse cohérente) dans la structure. L’analyse de la réponse harmonique permet aux concepteurs de prédire les propriétés dynamiques continues de la structure, ce qui leur permet de vérifier si leurs conceptions peuvent surmonter avec succès les effets nocifs de la résonance, de la fatigue et d’autres vibrations forcées. L’analyse de la réponse harmonique est une technique permettant de déterminer la réponse de l’état stable à la structure linéaire lorsqu’elle est exposée à une charge de poche (simple consensuelle) au fil du temps. Le but de l’analyse est de calculer la réponse de la structure à plusieurs fréquences et d’obtenir des courbes de valeur de réponse (généralement décalées) par rapport à la fréquence. À partir de ces courbes, vous pouvez trouver une réponse « pic » et observer une pression plus correspondante à la fréquence.

La méthode d’analyse calcule uniquement cette vibration forcée de la structure stable. Les vibrations transitoires qui se produisent au début de l’excitation ne sont pas prises en compte pour analyser la réponse harmonique. L’analyse de la réponse harmonique est une analyse linéaire. Toutes les propriétés non linéaires, telles que la plasticité et les éléments de connectivité (gap), seront ignorées même si elles sont définies, mais les réseaux de systèmes

asymétriques peuvent être inclus dans l'analyse, tels que l'analyse des problèmes d'interaction de la structure des fluides. L'analyse de la réponse harmonique peut également analyser les structures précontraintes, telles que les cordes de violon (en supposant que la contrainte harmonique simple est beaucoup plus petite que la contrainte précontrainte).

L'analyse de la réponse harmonique peut utiliser trois méthodes : la méthode complète, la méthode de réduction et la méthode de superposition conditionnelle.

III.6.3 Analyse dynamique transitoire

L'analyse dynamique transitoire (également connue sous le nom d'analyse d'enregistrement de temps) est une méthode utilisée pour déterminer la réponse dynamique à une structure qui subit des charges aléatoires variables au fil du temps. L'analyse dynamique transitoire peut être utilisée pour déterminer le déplacement qui dépend du temps, de la tension, de la pression et de la force de la structure dans n'importe quel ensemble de grossesses statiques, transitoires et consensuelles. L'association entre la grossesse et le temps rend le travail d'inertie et d'amortissement plus important. Si la force d'inertie et la force de l'amortissement ne sont pas importantes, une analyse dure peut être utilisée à la place de l'analyse transitoire.

Trois méthodes peuvent être utilisées pour l'analyse dynamique transitoire : la méthode complète, la méthode de réduction et la méthode de superposition conditionnelle. La méthode complète utilise une matrice système complète pour calculer la réponse transitoire. Des trois méthodes, elle a la fonction la plus forte et peut inclure différentes caractéristiques non linéaires (par exemple, plasticité, déformation significative, grande déformation, etc.). La méthode de superposition conditionnelle double les formes de mode obtenues par analyse conditionnelle et les agrège pour calculer la réponse de la structure. La méthode de réduction comprime la taille du problème en utilisant les principaux degrés de liberté et la matrice sténographique, et après avoir calculé le déplacement des principaux degrés de liberté, la solution s'étend à l'ensemble complet original des degrés de liberté. Le principal degré de liberté est généralement le double du nombre de contrats.

III.6.4 Spectroscopie

La spectroscopie est une technique d'analyse qui relie la structure d'analyse modulaire à un spectre connu pour calculer le déplacement et la pression du modèle. Il est principalement utilisé dans l'analyse de l'historique temporel pour déterminer la réponse dynamique des structures à des charges aléatoires ou à des charges qui changent au fil du temps (par exemple, tremblements de terre, charges de vent, vagues océaniques, propulsion de moteurs à réaction, vibrations de moteurs de fusées, etc.).

Le soi-disant spectre est la relation entre la valeur du spectre et la fréquence, qui exprime l'intensité et la fréquence de la charge de date de temps. Il existe trois formes d'analyse du spectre : la méthode d'analyse du spectre de réponse, la méthode d'analyse de la conception dynamique et la méthode de la densité spectrale de la capacité.

Seul le comportement linéaire est efficace en spectroscopie, et tout élément non linéaire est traité comme linéaire. Si l'élément de contact est inclus, sa gravité est toujours la rigidité primaire; le facteur et la densité du matériau flexible doivent être déterminés. Toute non-linéarité du matériau sera ignorée. Les caractéristiques de la substance autorisée sont linéaires, récessives ou de propriétés variables et dépendent de la température ou ne changent pas avec la température.

En outre, l'analyse non linéaire de la structure comprend des étapes d'analyse statique non linéaire, des étapes d'analyse transitoire non linéaire, une analyse d'ingénierie non linéaire, une analyse de torsion, une analyse de surface de contact, etc.

CHAPITRE IV
RESULTATS ETDISCUSIONS

IV.1 introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude des différents paramètres de confort thermique ;

- L'effet de température.
- L'effet de la vitesse.

La simulation numérique a été effectué en utilisant l'outil de CFD Ansys en régime laminaire et en régime turbulent afin d'établir les champs de vitesses et des températures

IV.2. Modélisation du confort thermique

IV.2. Cas de l'air sec sans occupants dans le local

Dans cette section nous avons effectué une simulation numérique du confort thermique d'un local en introduisant l'air sec dont les hypothèses suivantes :

- Les dimensions du local sont : 4x4x3 mxmxm
- Ecoulement laminaire
- Sans occupants

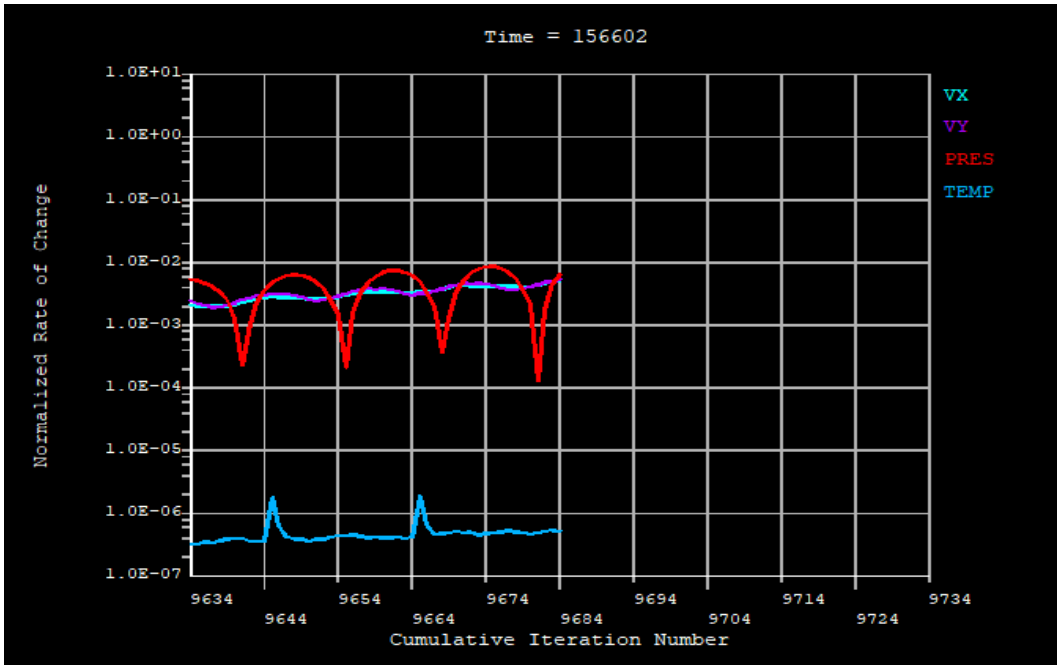


Figure IV.1 Résultats global de la simulation numérique

La figure IV.1. Illustrent l'évolution de la pression, la vitesse et la température en fonction de nombre d'itérations. Une augmentation progressive de chaque grandeur a été noté dans la figure IV.1. Les détails de chaque paramètre ont été présenté dans les figures IV.2, IV.3 et IV.4.



Figure IV.2 **.**Variation de champs des températures dans le local

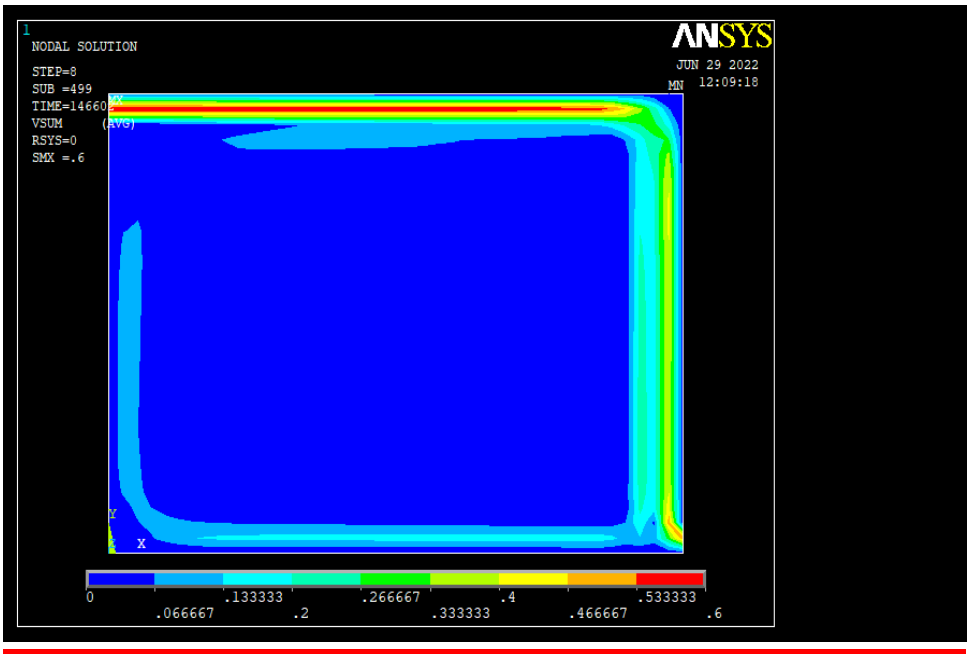


Figure IV.3. Variation de champs des vitesses pour l’air sec

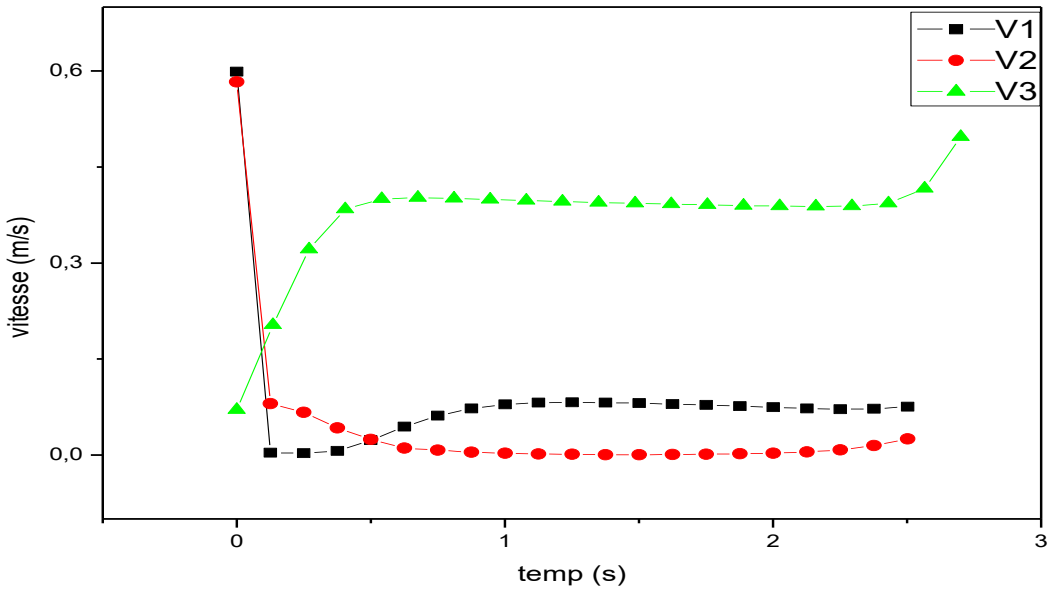


Figure IV.4. Evolution de la vitesse de l'air en fonction temps

IV.2. Cas de l'air humide sans occupants dans le local

La simulation numérique a été effectué dont les hypothèses suivantes ;

- Le taux de l'air humide est 20%
- Ecoulement laminaire



Figure IV.5. Champs des températures pour 20% de l'air humide

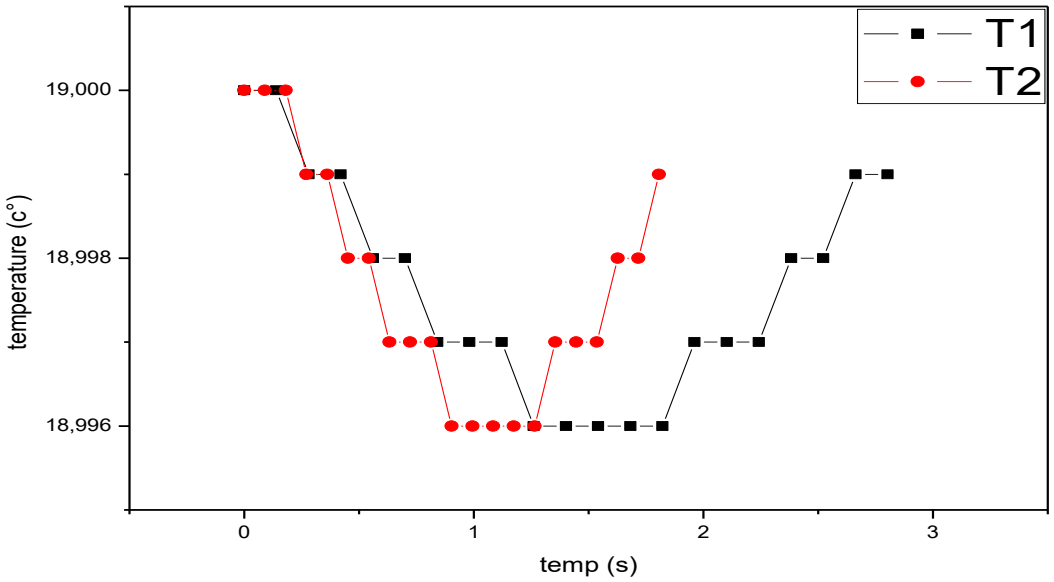


Figure IV.6. Evolution des températures en fonction du temps pour l'air humide 20%

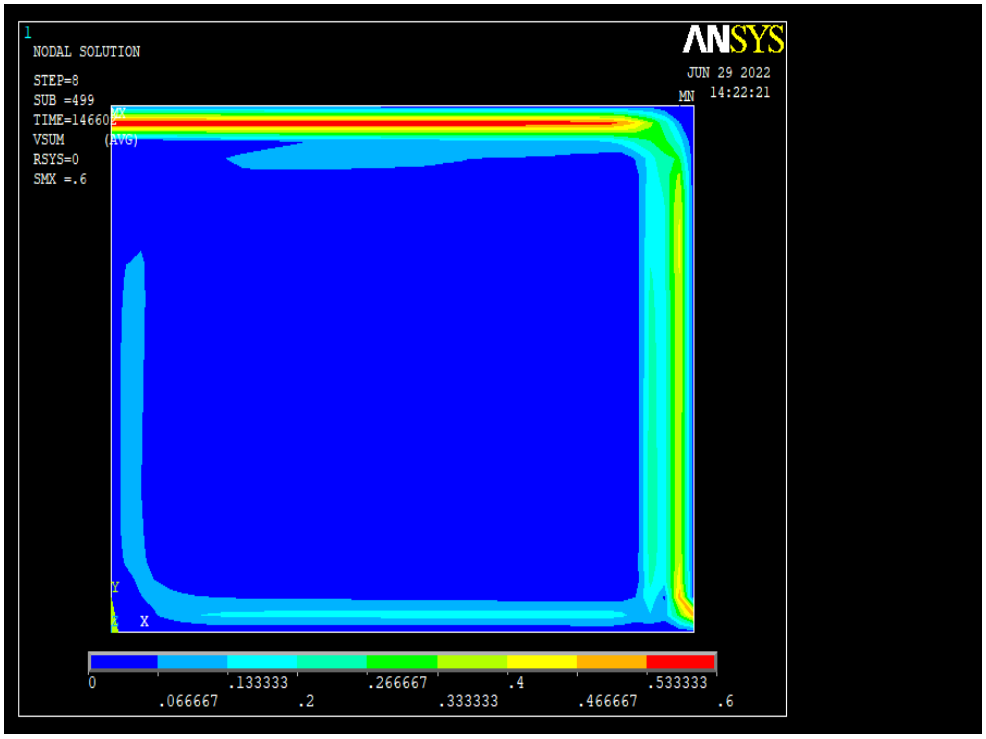


Figure IV.7. Variation de champs des vitesses pour 20% de l'air humide

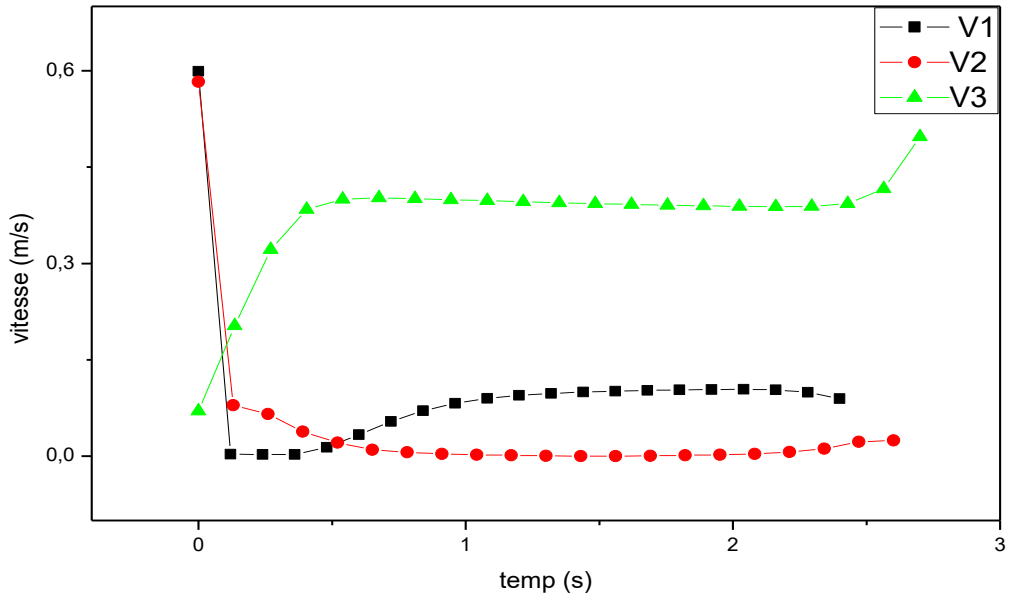


Figure IV.8. Evolution de champs des vitesses pour 20 % de l'air humide (pour des lignes verticales)

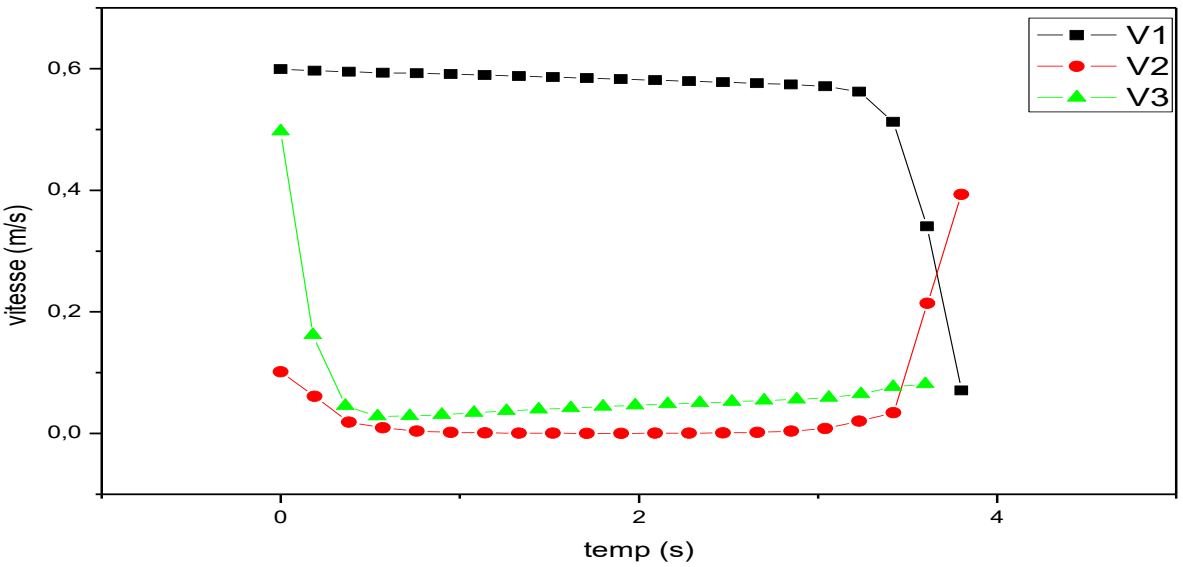


Figure IV.9. Evolution de champs des vitesses pour 20 % de l'air humide

(pour des lignes horizontales)

La simulation simulation numérique dans cette partie a été présenté dans les figures IV.5, IV.6, IV.7, IV.8 et IV.9. Les résultats obtenus pour un taux de 20% d'humidité illustrent clairement l'intérêt de l'air humide dans la climatisation de confort thermique.

IV.3. Cas de l'air sec avec des occupants dans le local (Ecoulement turbulent)

Dans cette partie, nous présentions une simulation numérique de l'être humain dans un local contient de l'air sec seulement dont les hypothèses suivantes :

- Ecoulement turbulent
- Nombre d'occupants N=1
- L'homme est assimilé comme un générateur de chaleur dont sa température totale du corps humain est égale= 36 °C, et la température dégagée par sa bouche est égale 40°C.
- La température de l'ordinateur est égale à 40°C

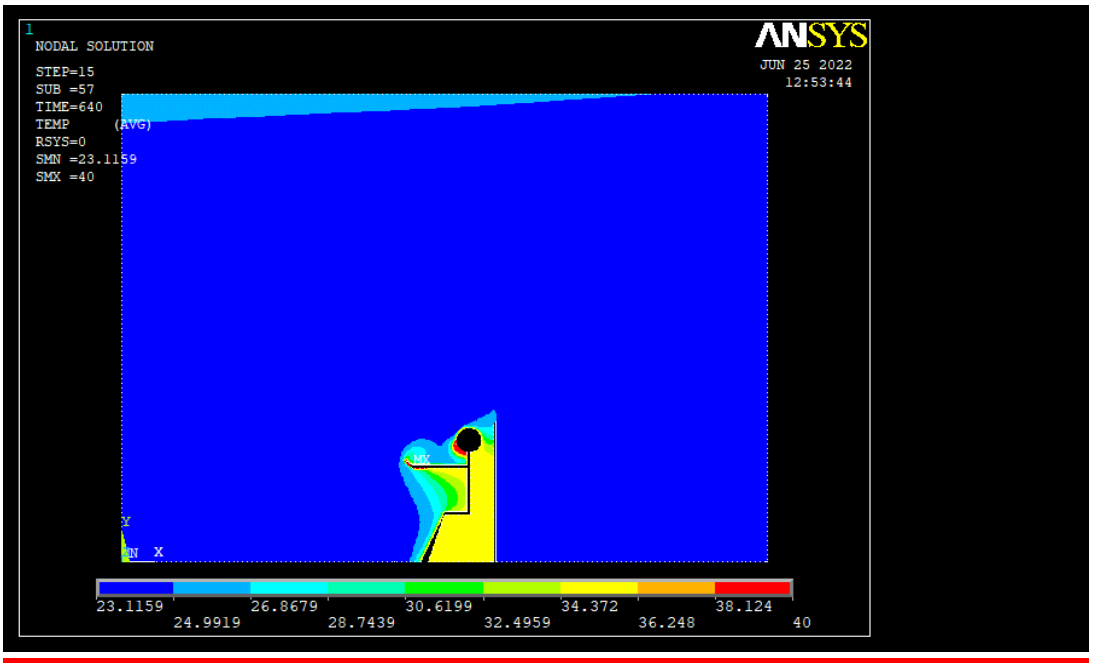


Figure IV.10. Variation de champs de température (écoulement turbulent)

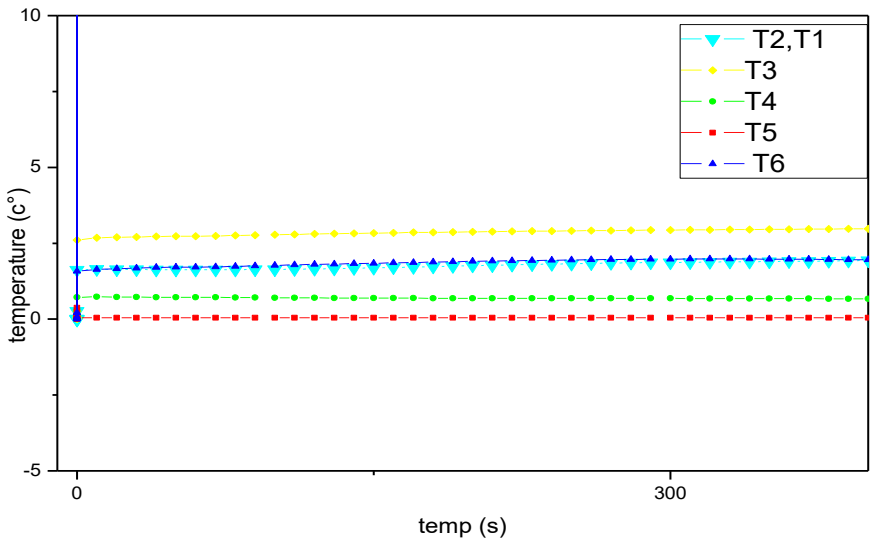


Figure IV.11. Evolution des températures de l'air pour air sec pour un seul occupant

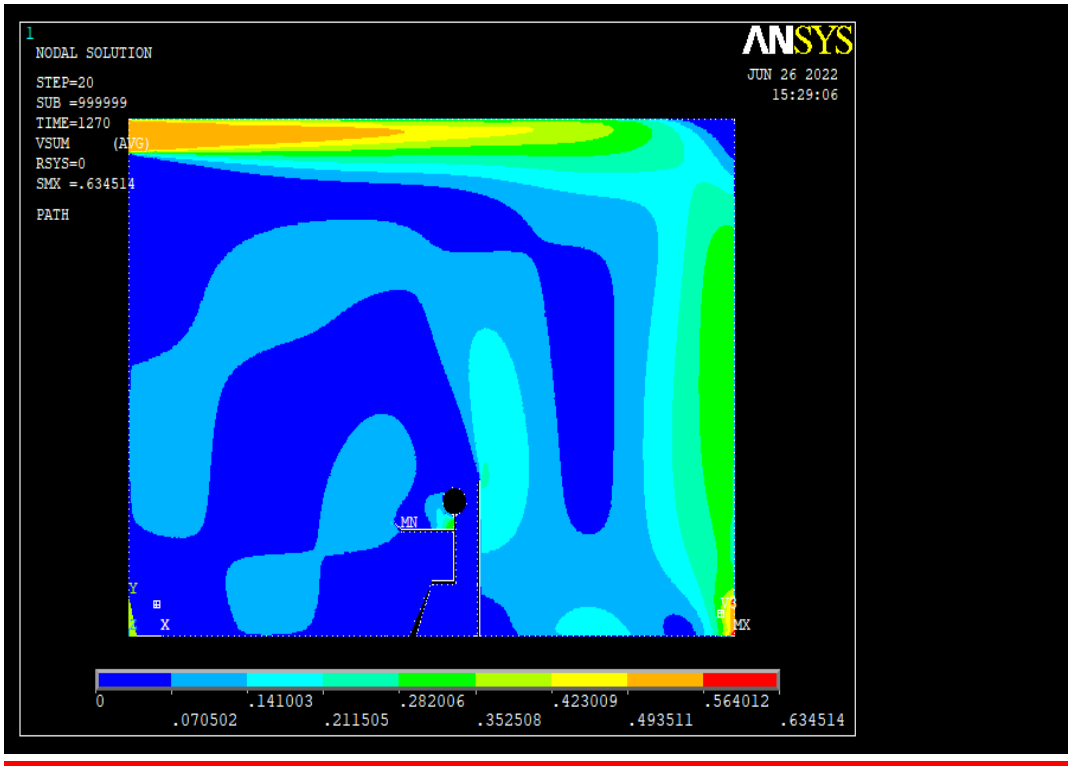


Figure IV.12. Variation de champs des vitesses (écoulement turbulent)

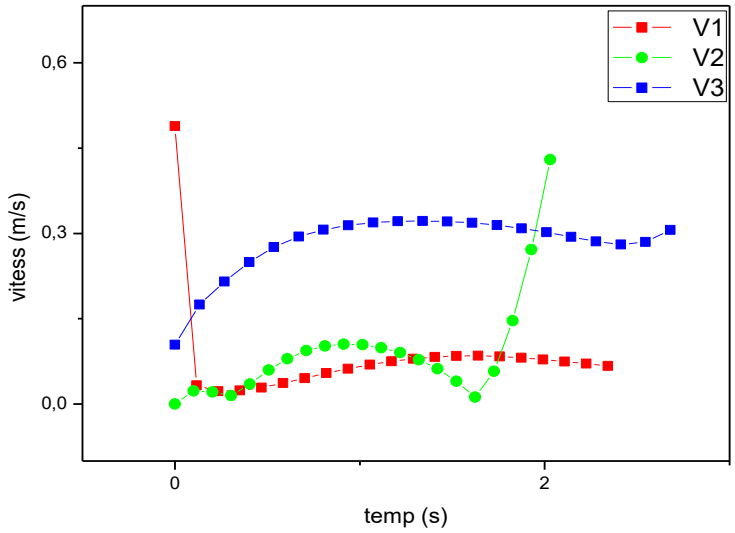


Figure IV.13. Evolution des vitesses en fonction du temps
(lignes verticales, écoulement turbulent)

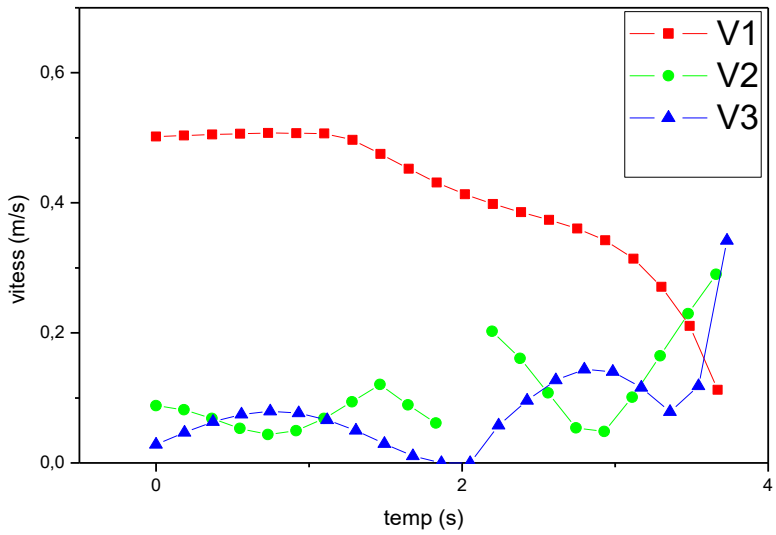


Figure IV.13. Evolution des vitesses en fonction du temps
(lignes horizontales, écoulement turbulent)

IV.4. Cas de l'air sec avec des occupants dans le local (Ecoulement laminaire)

Dans cette partie, la simulation numérique a été effectué dans le cas d'un air sec pour un écoulement laminaire pour mêmes hypothèses précédentes.

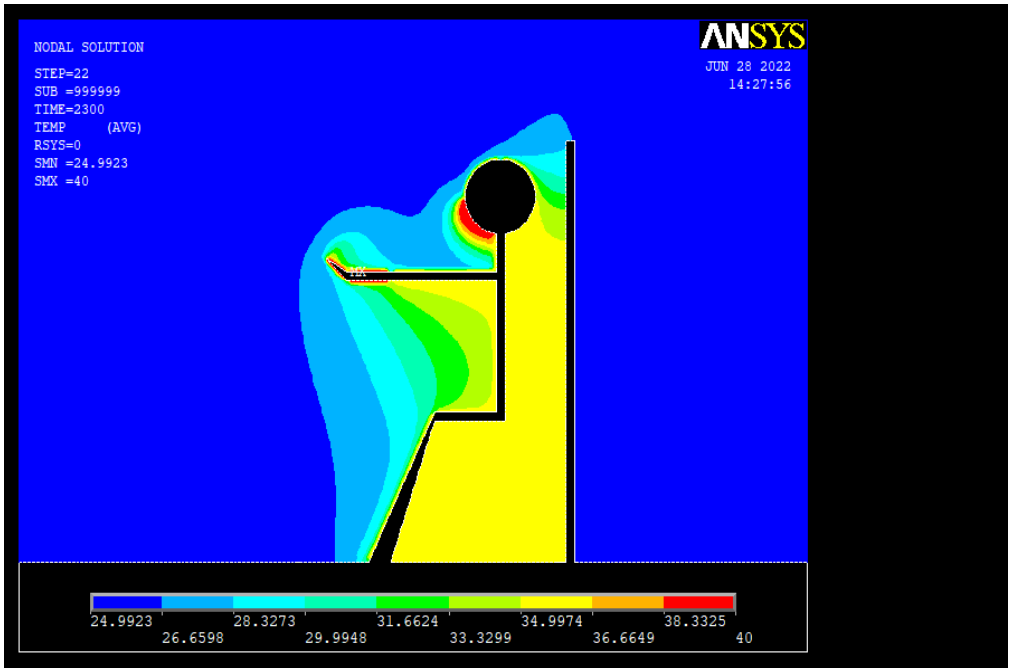


Figure IV.14. Variation de champs de température
(Écoulement laminaire, air sec)

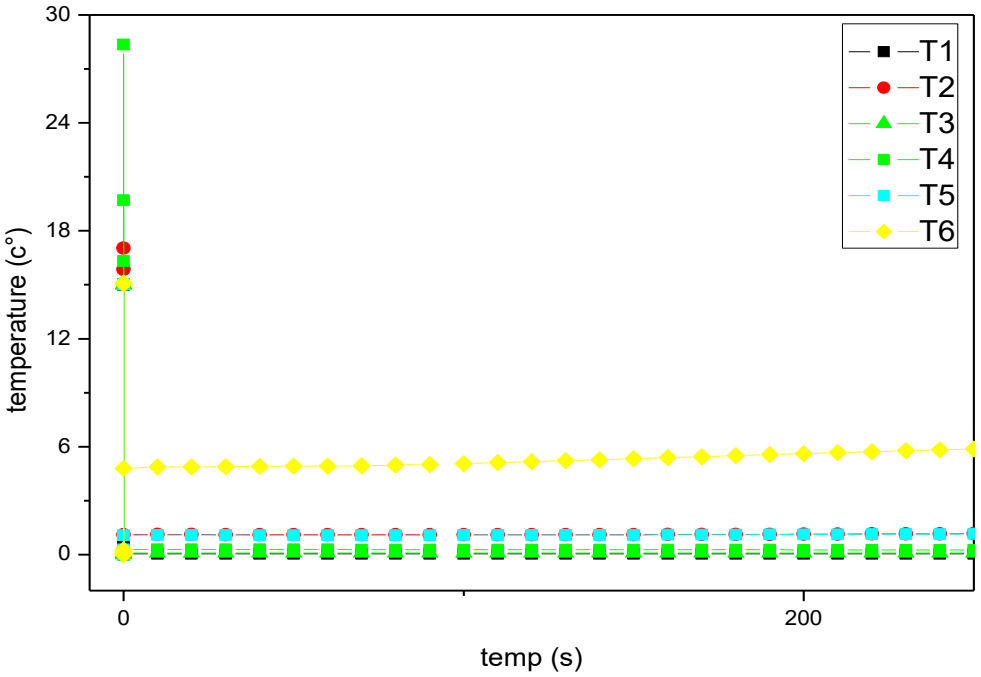


Figure IV.15. Evolution des températures en fonction de temps
(Air sec, écoulement laminaire)

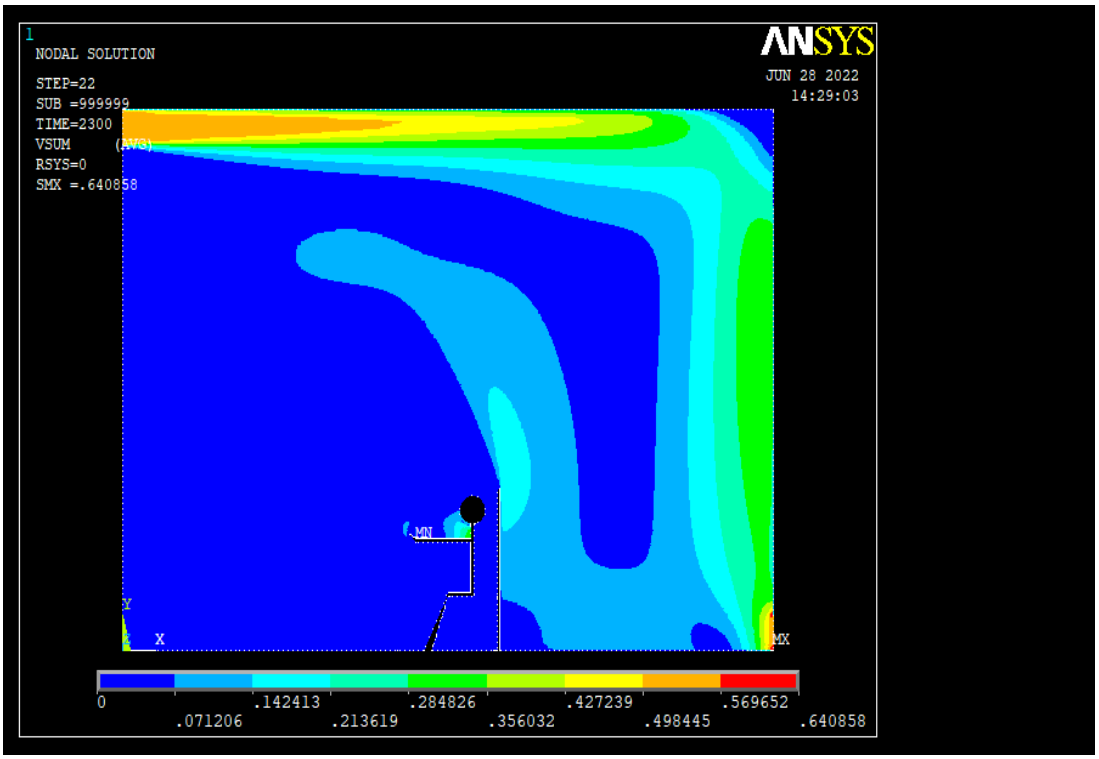


Figure IV.16. Variation de champs des vitesses
(Air sec, écoulement laminaire)

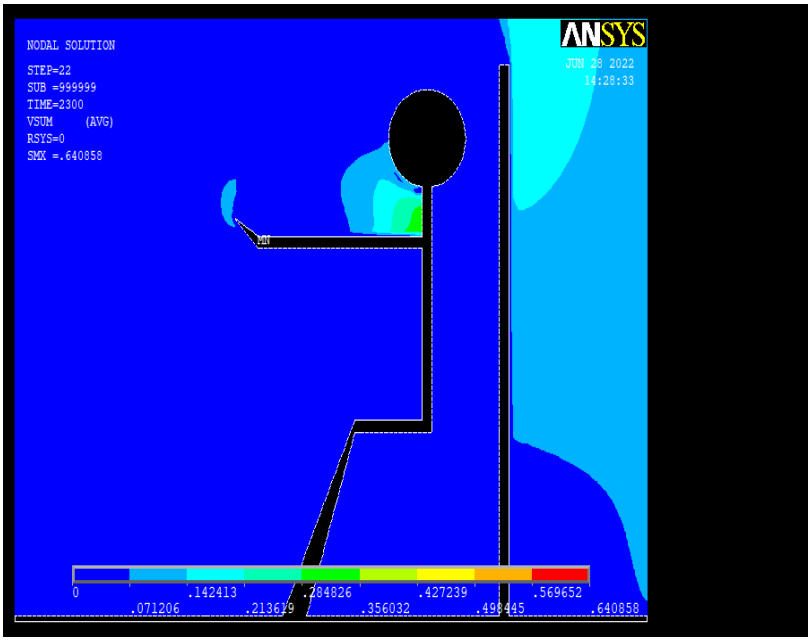


Figure IV.17. Zoom de Variation de champs des vitesses
(Air sec, écoulement laminaire)

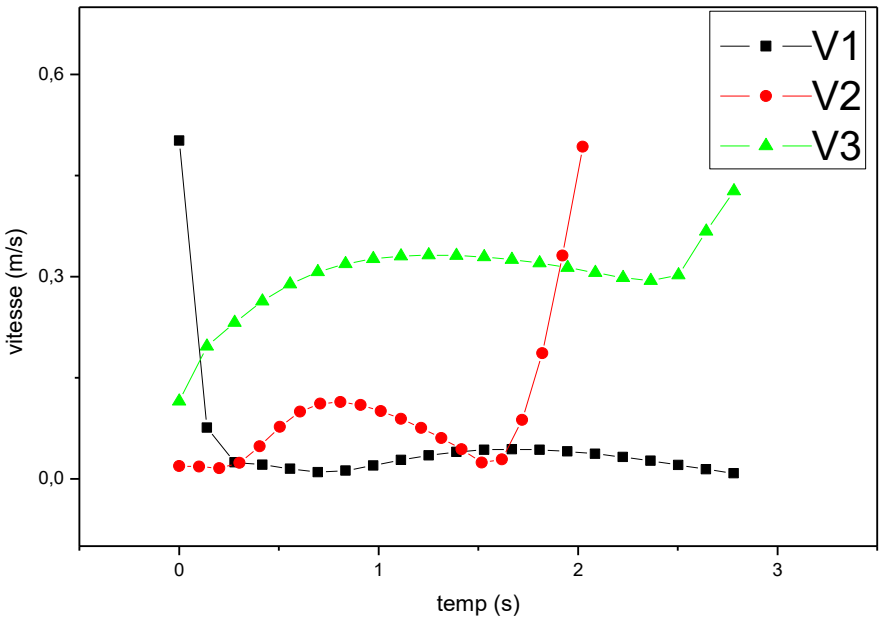


Figure IV.18. Evolution de champs des vitesses en fonction de température
(Air sec, écoulement laminaire, lignes verticales)

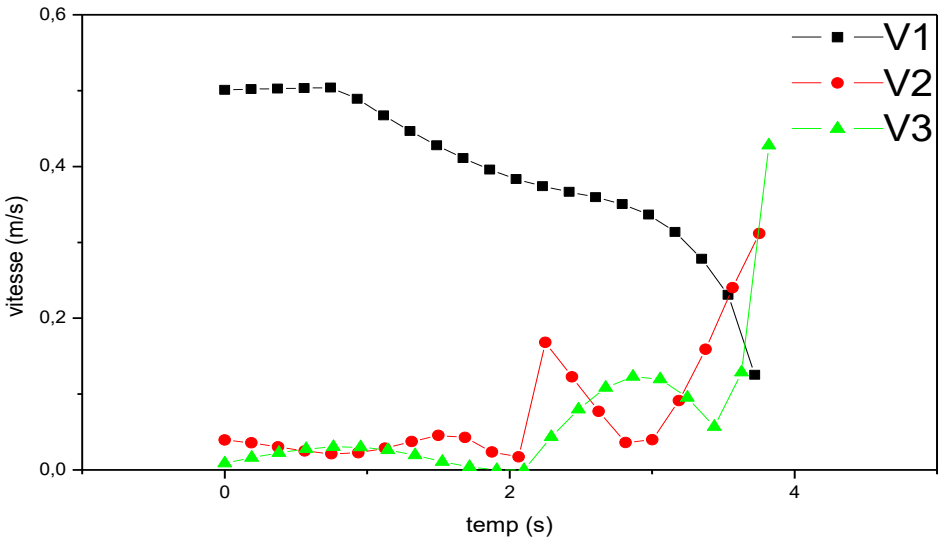


Figure IV.19. Evolution de champs des vitesses en fonction de température
(Air sec, écoulement laminaire, lignes horizontales)

Les figures IV.14, IV.15, IV.16, IV.17, IV.18 et IV.19 illustrent la simulation numérique de confort thermique du corps humain en régime laminaire dans le cas de l'air sec (sans humidité relative). Les occupants du local à besoins de certaine humidité afin d'effectuer leurs activités physiologiques.

IV.5. Cas de l'air humide des occupants dans le local (Ecoulement turbulent)

Dans cette section, le confort thermique a été étudier dans le cas d'un écoulement turbulent avec des différents taux d'humidité relatives (20 % et 60%).

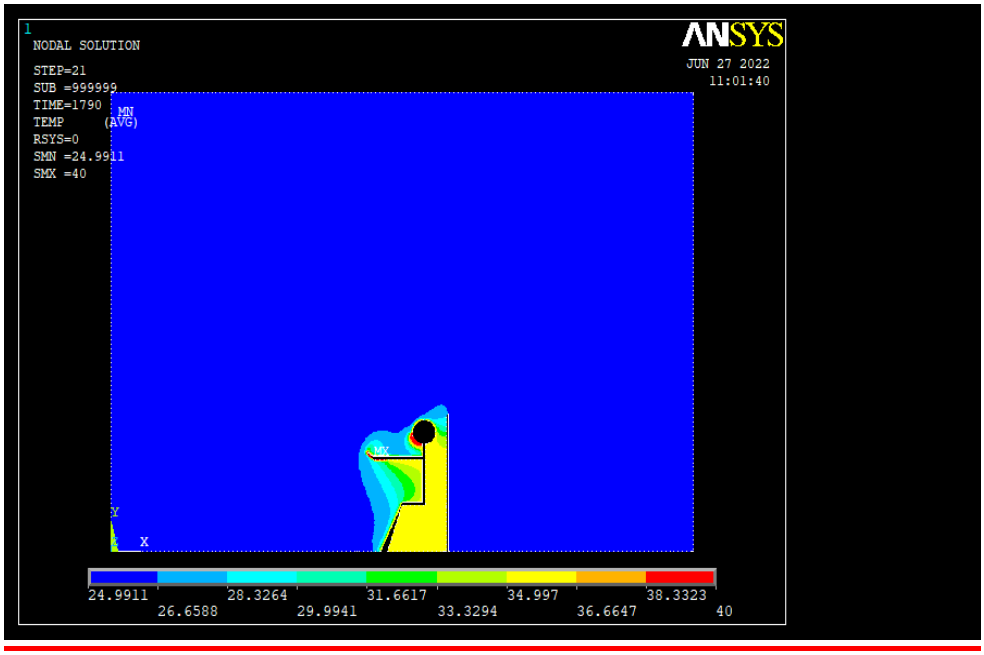


Figure IV.20. Variation de champs de température
(Écoulement turbulent, air humide 20%)

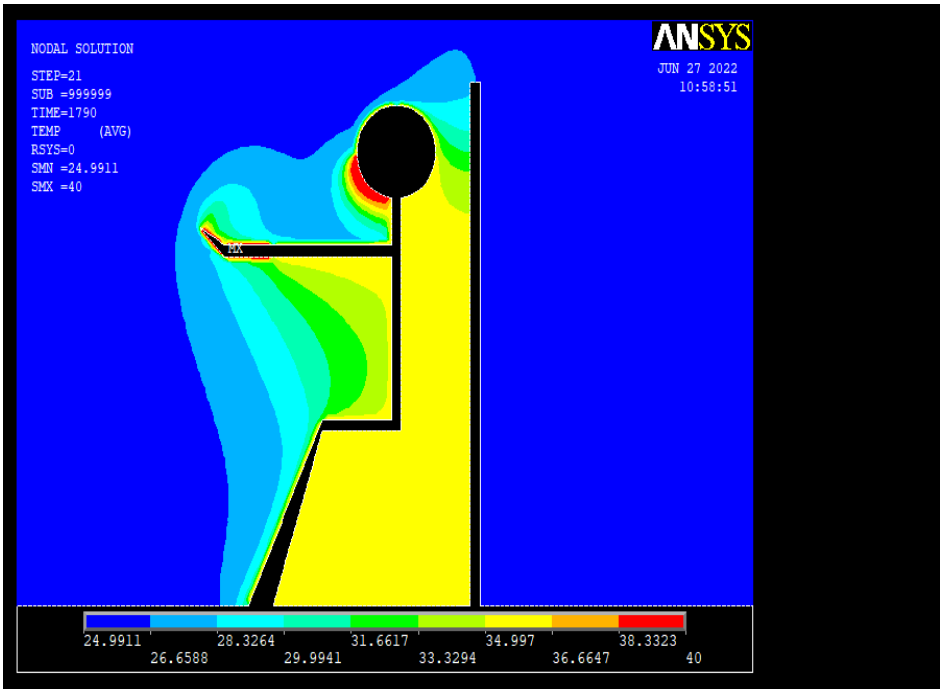


Figure IV.21. Zoom de Variation de champs de température
(Écoulement turbulent, air humide 20%)

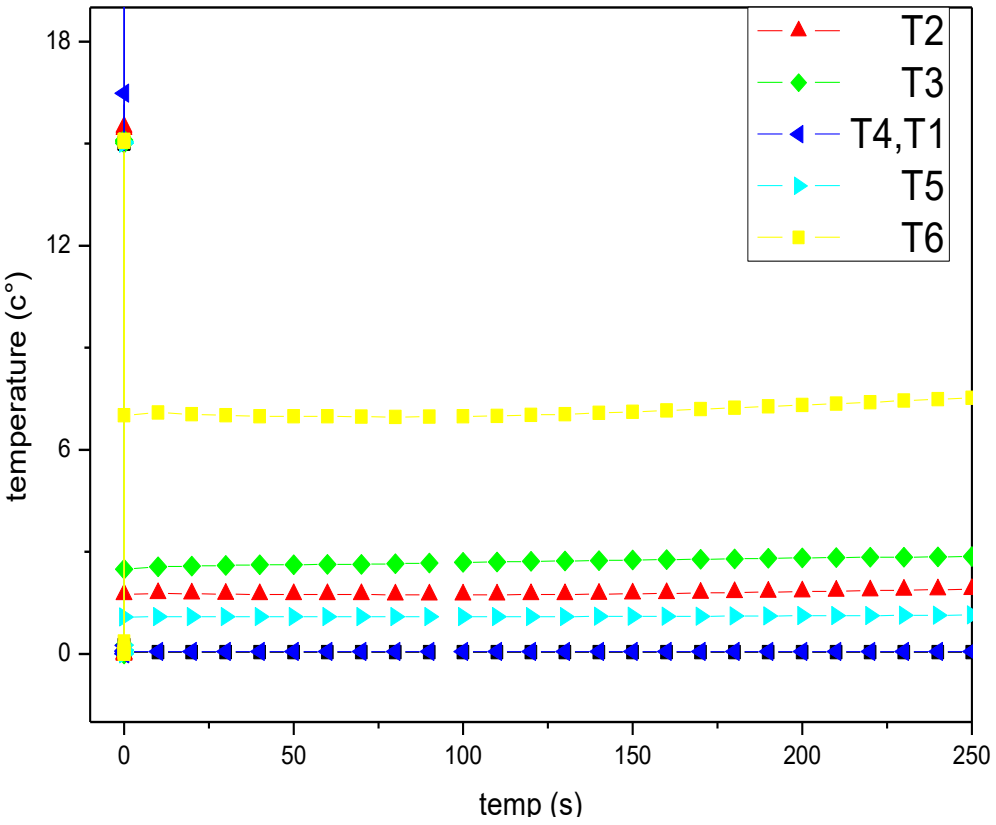


Figure IV.22. Evolution des températures en fonction de temps (écoulement turbulent, 20% d'humidité)

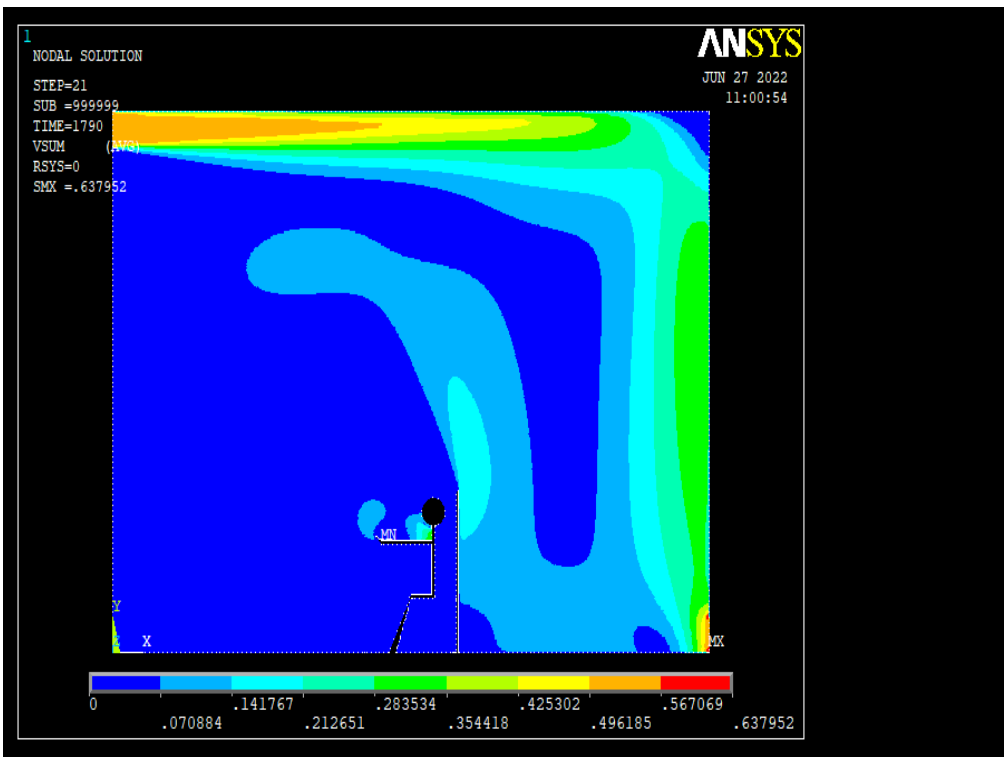


Figure IV.23. Variation des champs de températures

(Écoulement turbulent, 20% d’humidité)

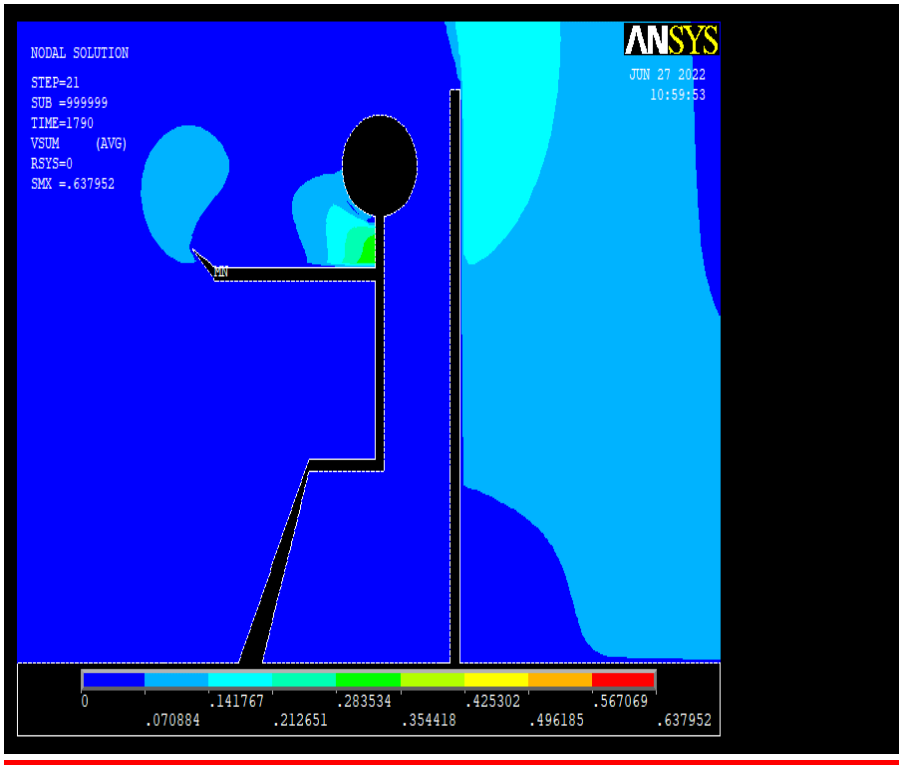


Figure IV.24. Zoom de variation des champs de températures
(Écoulement turbulent, 20% d’humidité)

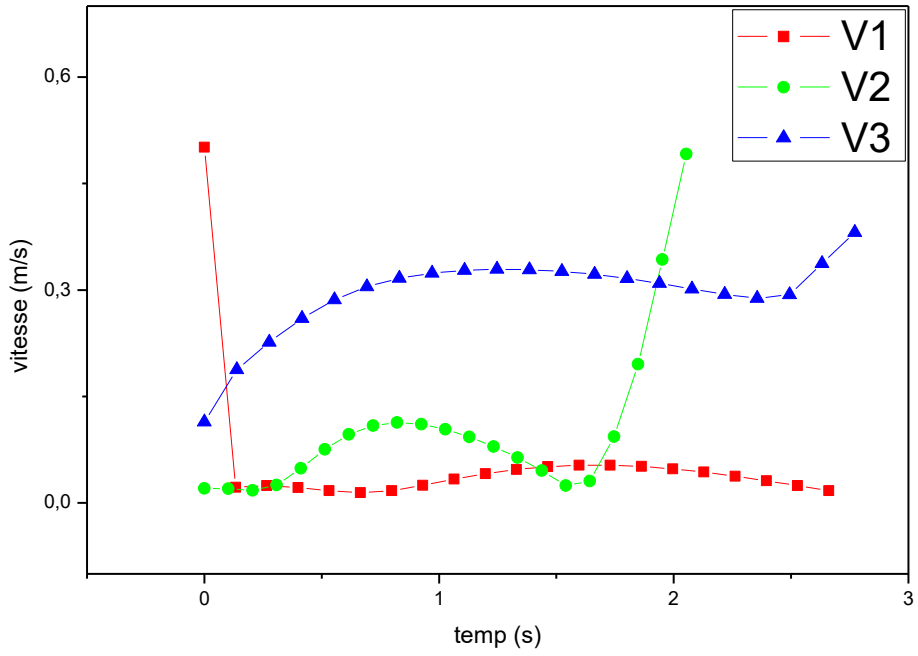


Figure IV.24. Evolution des vitesses en fonction du temps

(Écoulement turbulent, 20% d'humidité, lignes verticales)

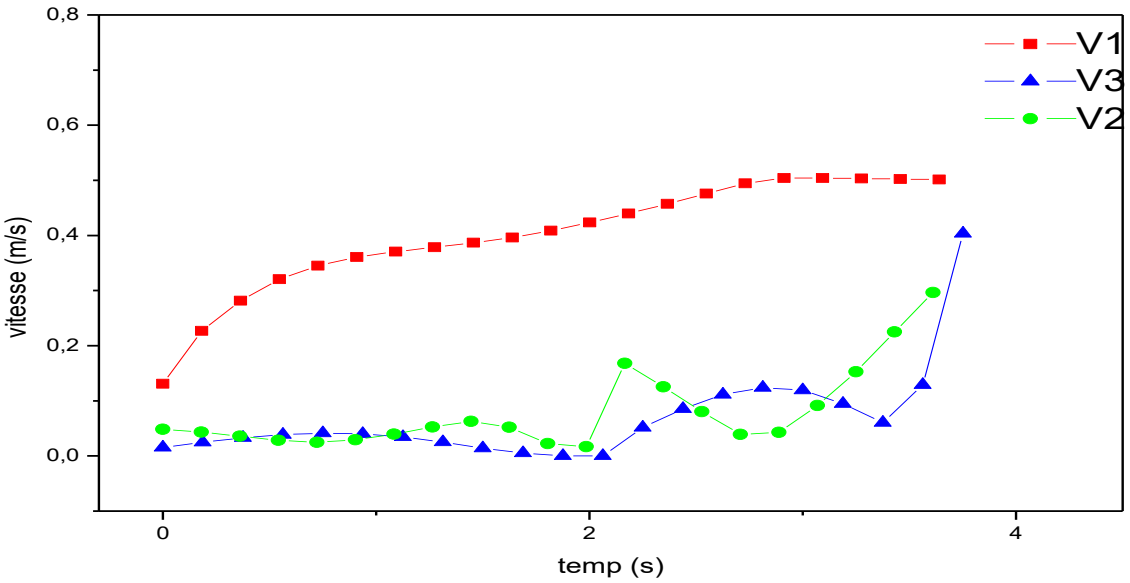


Figure IV.24. Evolution des vitesses en fonction du temps
(Écoulement turbulent, 20% d'humidité, lignes horizontales)

Les figures IV.20, IV.21, IV.22, IV.23 et IV.24 illustrent les résultats de la simulation numérique du confort thermique des occupants dans le cas d'un ecoulement turbulent avec un taux d'humidité de 20 %. Il est très cliare que l'humidité présente un impact négative sur l'activité du corps humain.

IV.6. Cas de l'air humide des occupants dans le local (Ecoulement laminaire)

Dans cette section, la simulation numérique a été effectuer dans le cas d'un écoulement laminaire pour un taux d'humidité de 20%.

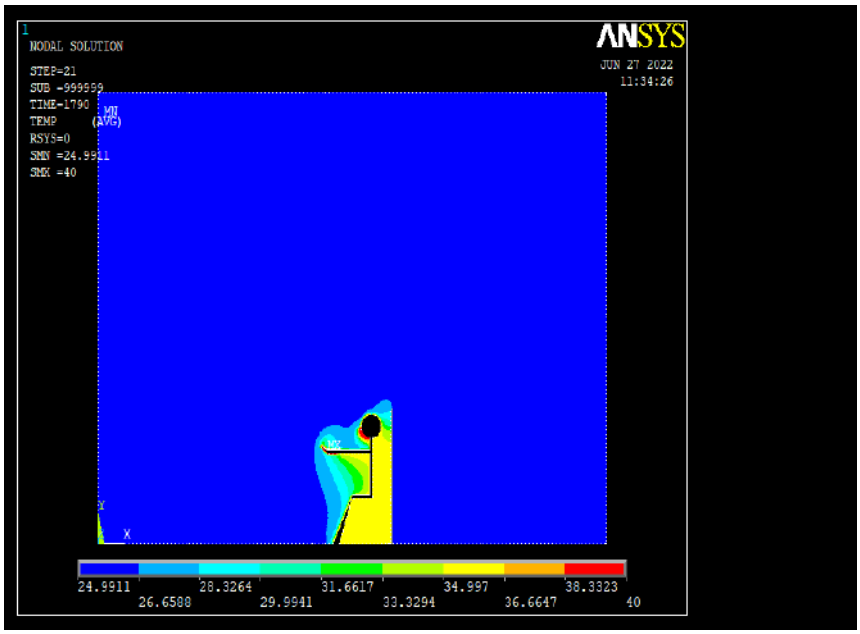


Figure IV.25. Variation de champs de température
(Écoulement laminaire, air humide 20%)

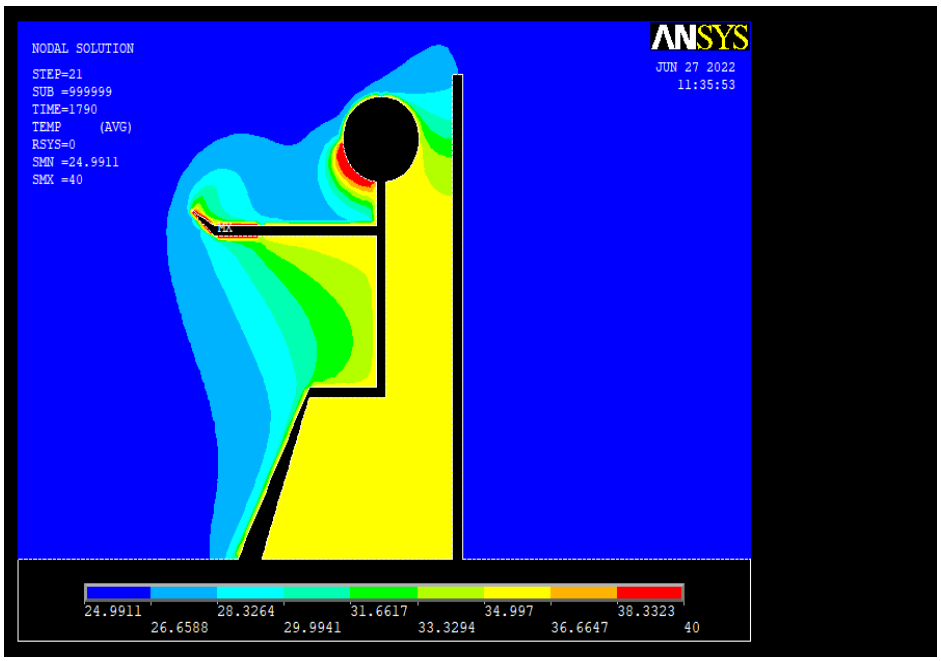


Figure IV.26. Zoom de Variation de champs de température
(Écoulement laminaire, air humide 20%)

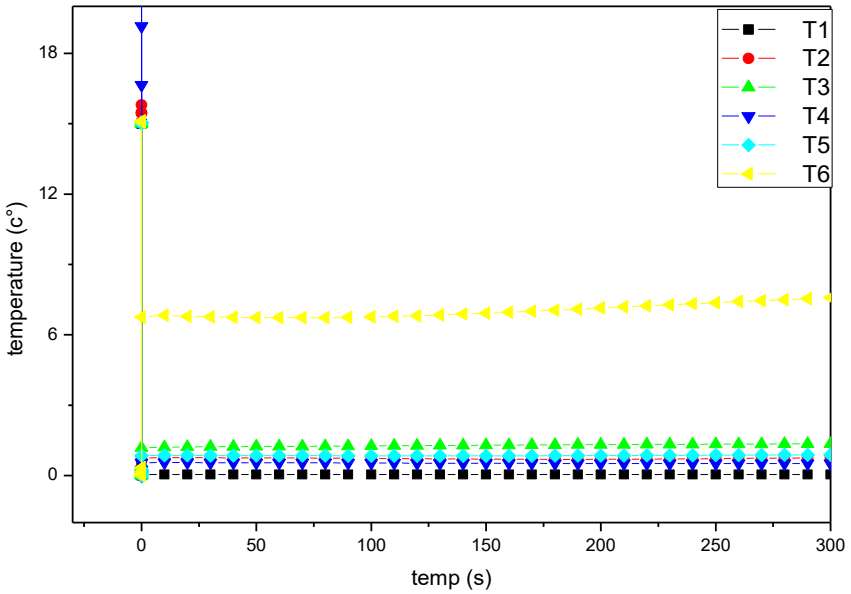


Figure IV.26. Evolution des températures en fonction du temps
(Écoulement laminaire, air humide 20%)

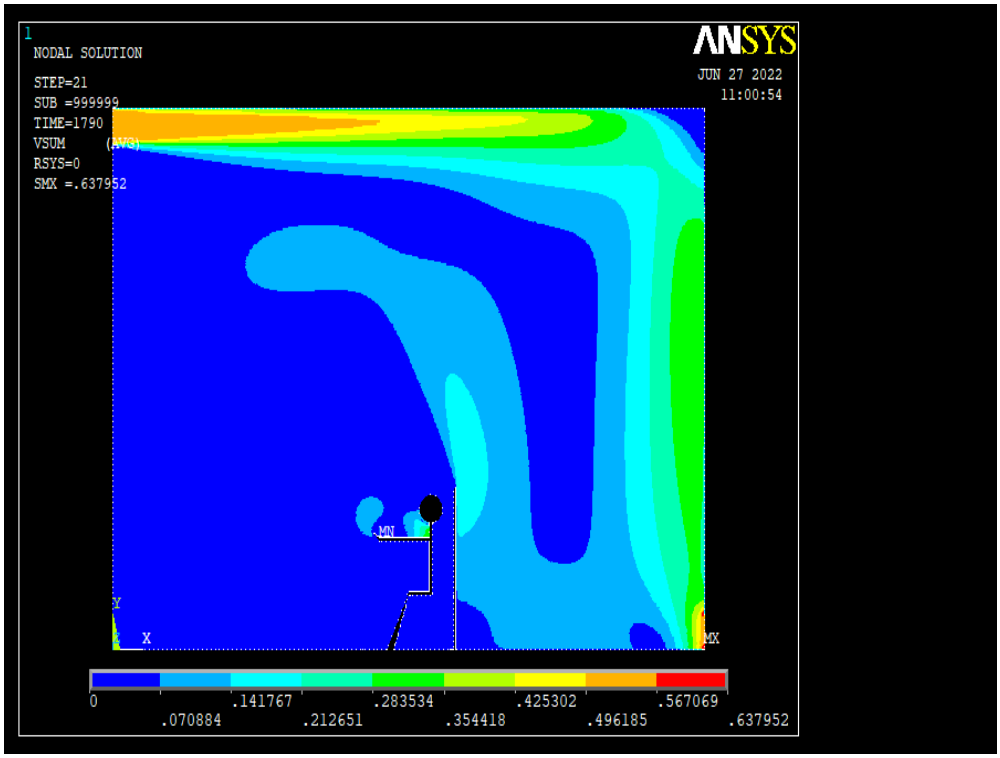


Figure IV.27. Variation du champ des vitesses
(Écoulement laminaire, air humide 20%)

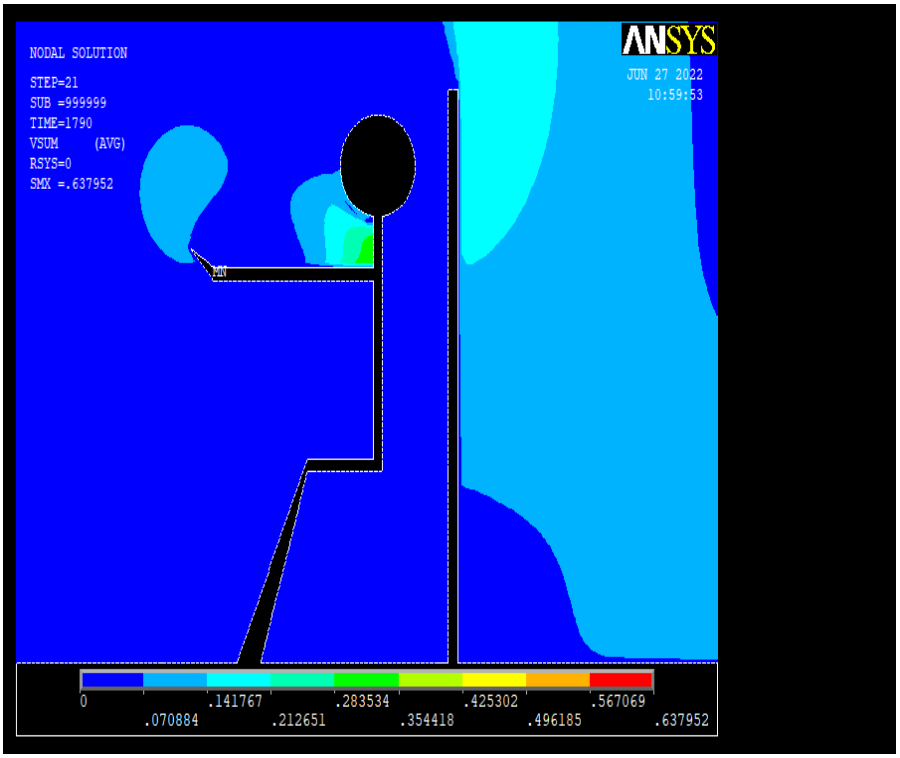


Figure IV.28. Zoom de variation du champ des vitesses
(Écoulement laminaire, air humide 20%)

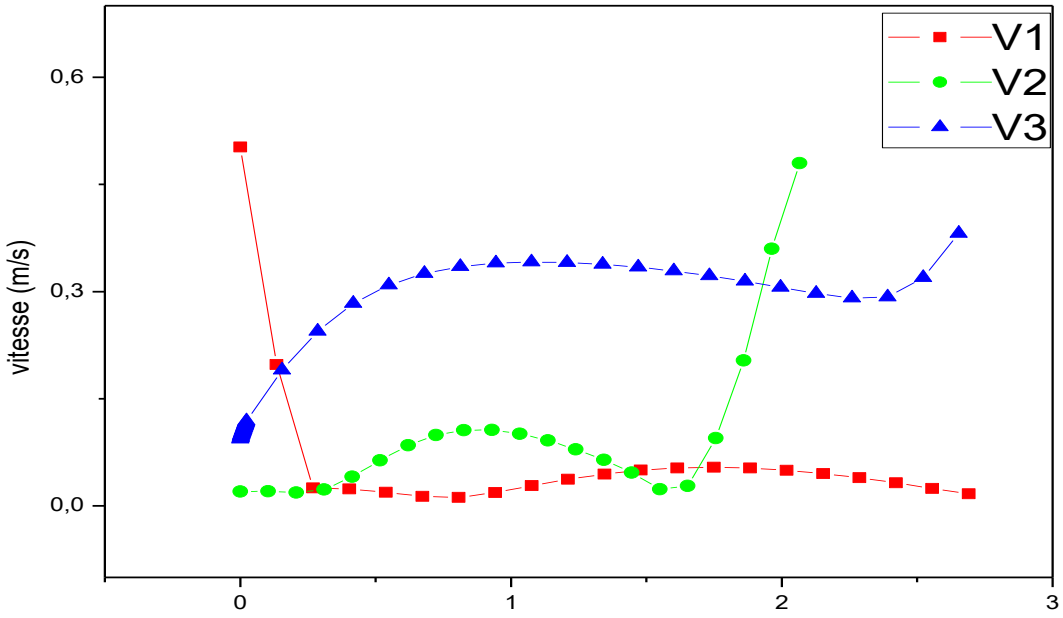


Figure IV.29. Evolution des vitesses en fonction de temps
(Écoulement laminaire, air humide 20%, lignes verticales)

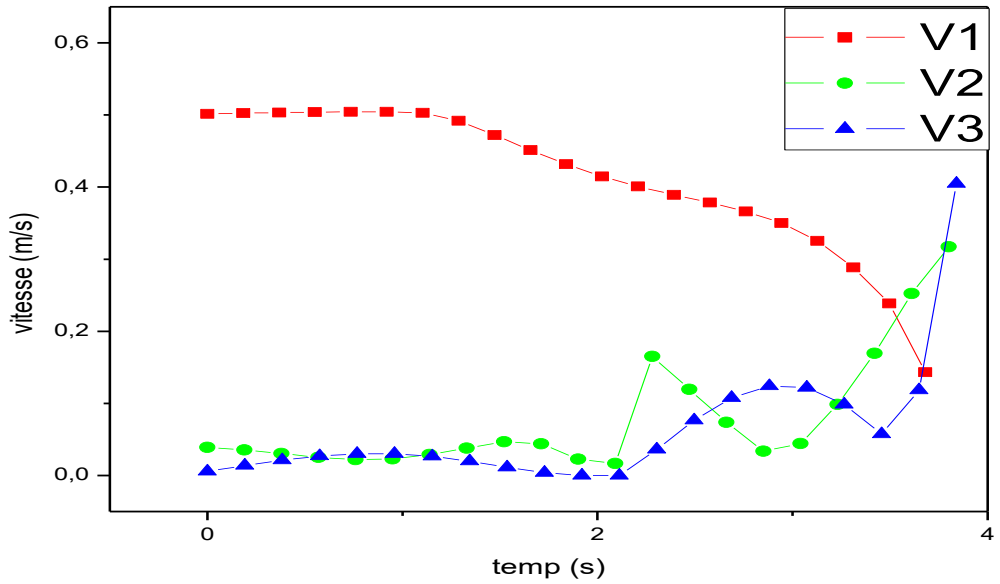


Figure IV.30. Evolution des vitesses en fonction de temps
(Écoulement laminaire, air humide 20%, lignes horizontales)

Les figures IV. 25, IV.26, IV.27, IV.28, IV.29 et IV.30 illustrent l'influence de teneur de l'humidité relative sur le confort thermique de l'individu. Les résultats obtenus sont proches de la zone du confort normalisé.

IV.6. Cas de l'air humide avec des occupants dans le local (Ecoulement turbulent)

Dans cette partie, nous présentons les résultats de la simulation numérique dans le cas d'un écoulement turbulent pour un taux d'humidité relative de 60%.

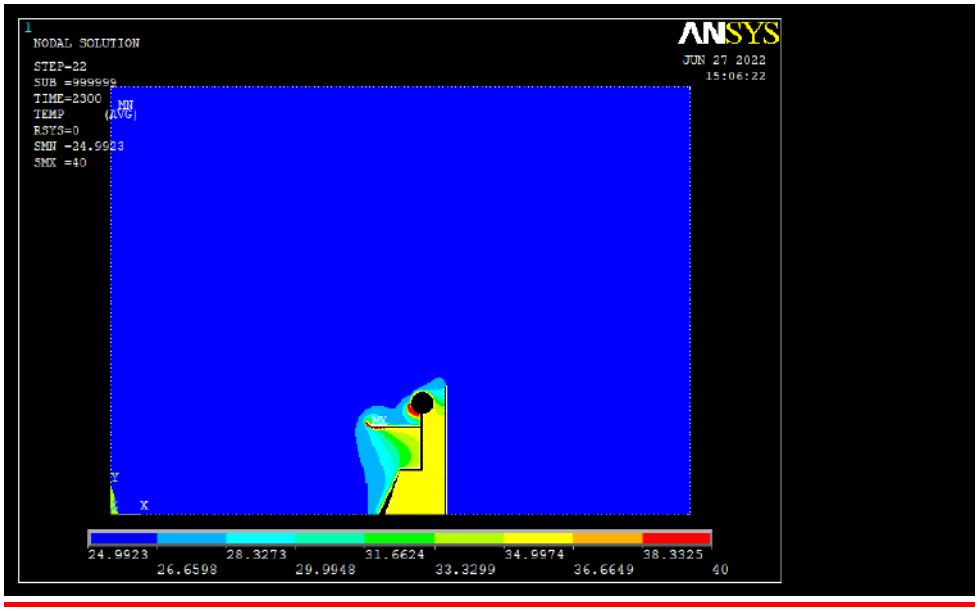


Figure IV.31. Champ des températures
(Écoulement turbulent, air humide 60%)

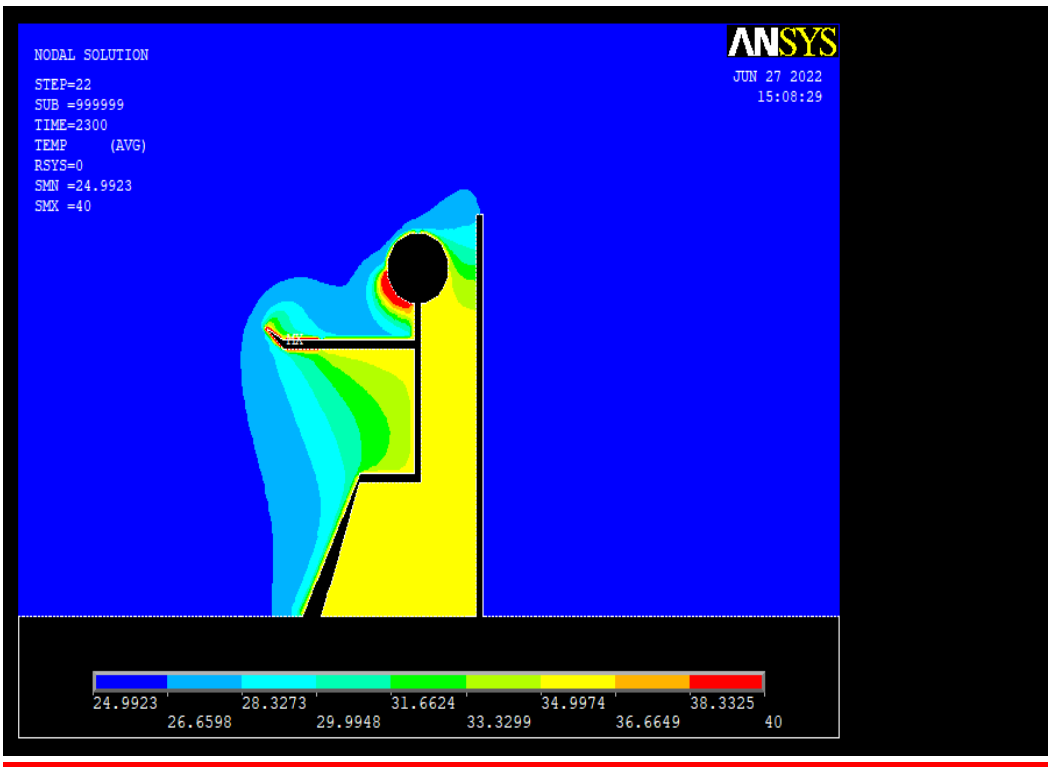


Figure IV.32. Zoom de champ des températures
(Écoulement turbulent, air humide 60%)

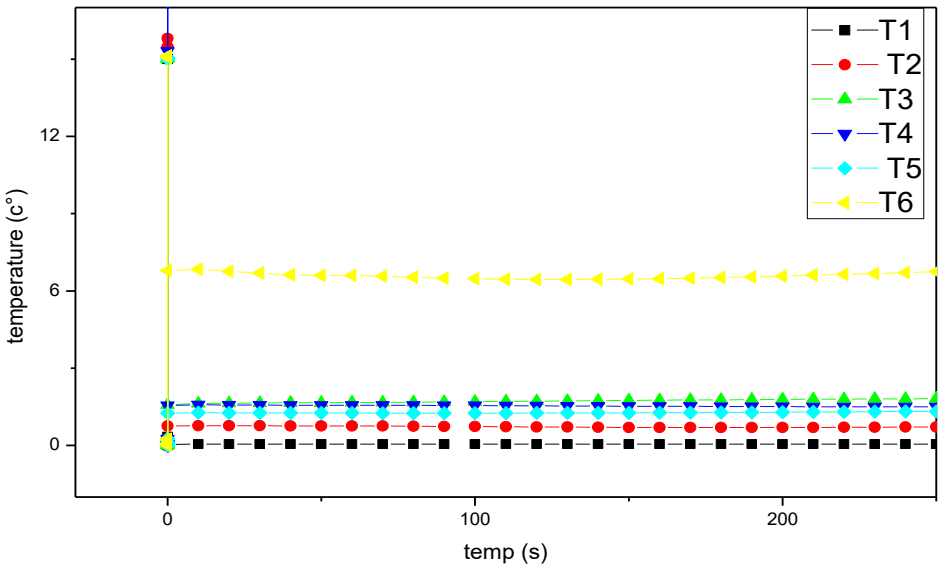


Figure IV.32. Evolution des températures en fonction de temps
(Écoulement turbulent, air humide 60%)

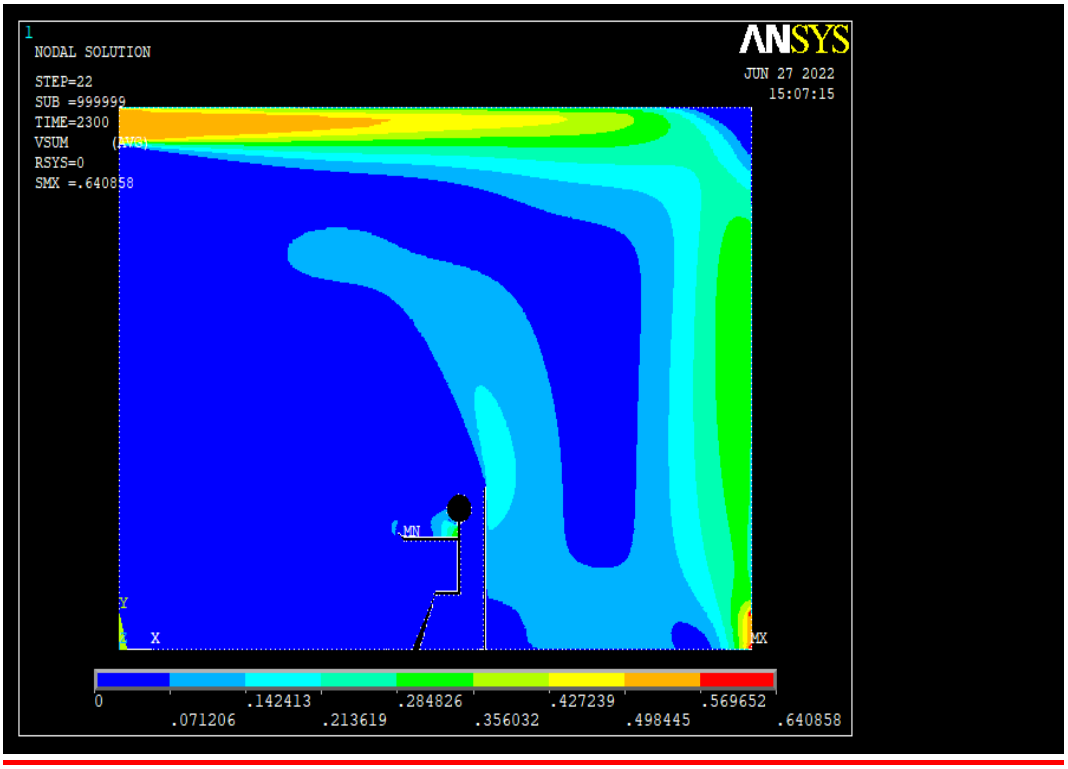


Figure IV.33. Variation de champs des vitesses
(Écoulement turbulent, air humide 60%)

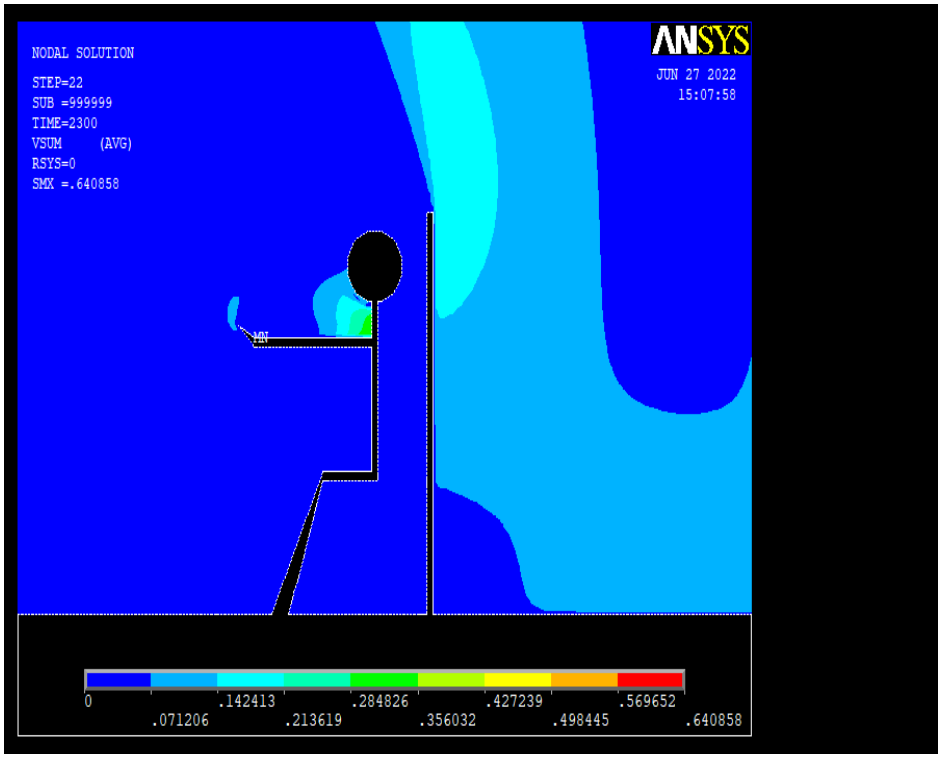


Figure IV.34. Zoom de variation de champs des vitesses
(Écoulement turbulent, air humide 60%)

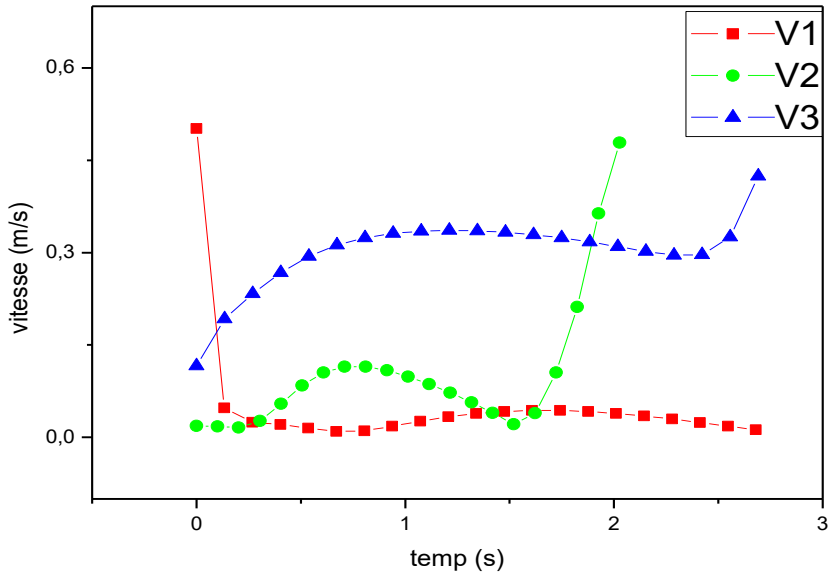


Figure IV.34. Evolution des vitesses en fonction temps
(Écoulement turbulent, air humide 60%, lignes verticales)

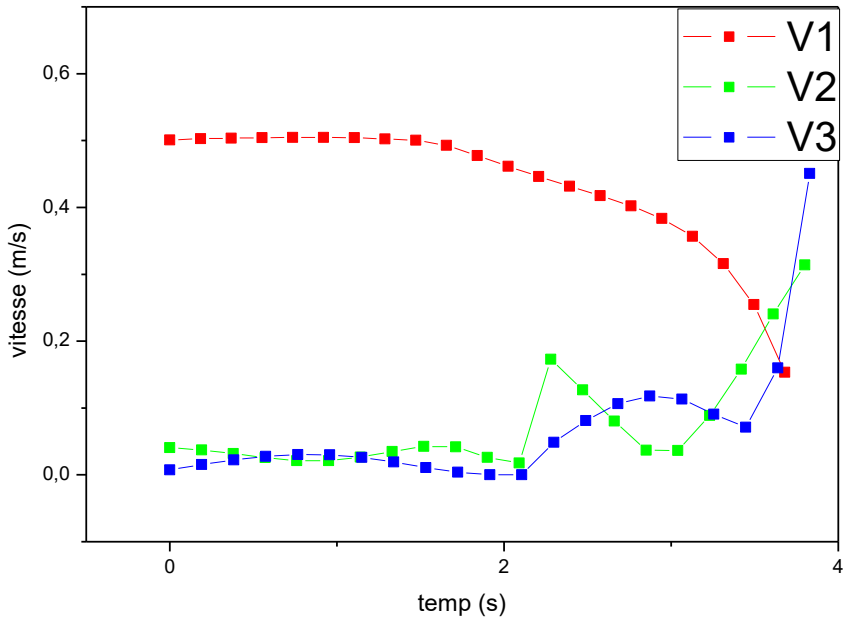


Figure IV.35. Evolution des vitesses en fonction temps
(Écoulement turbulent, air humide 60%, lignes horizontales)

Les figures IV. 31, IV.32, IV.33, IV. 34 et IV.35 illustrent les résultats de la simulation numérique du confort thermique dans le cas de l'écoulement turbulent pour un taux d'humidité normalisée de 60% dans ce cas l'organisme humain fonctionne bien mais les vitesses élevées présentent un impact négatif sur le bon déroulement des activités physiologique de l'être humain.

IV.7. Cas de l'air humide avec des occupants (Ecoulement laminaire)

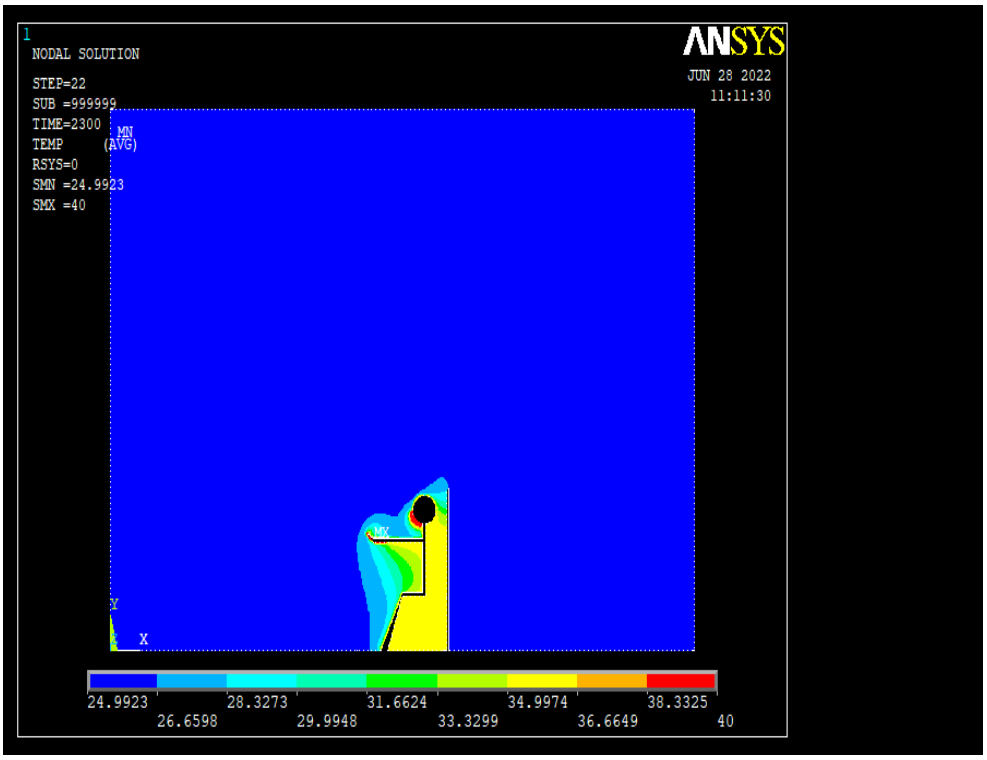


Figure IV.36. Variation des champs des températures
(Écoulement laminaire, air humide 60%)

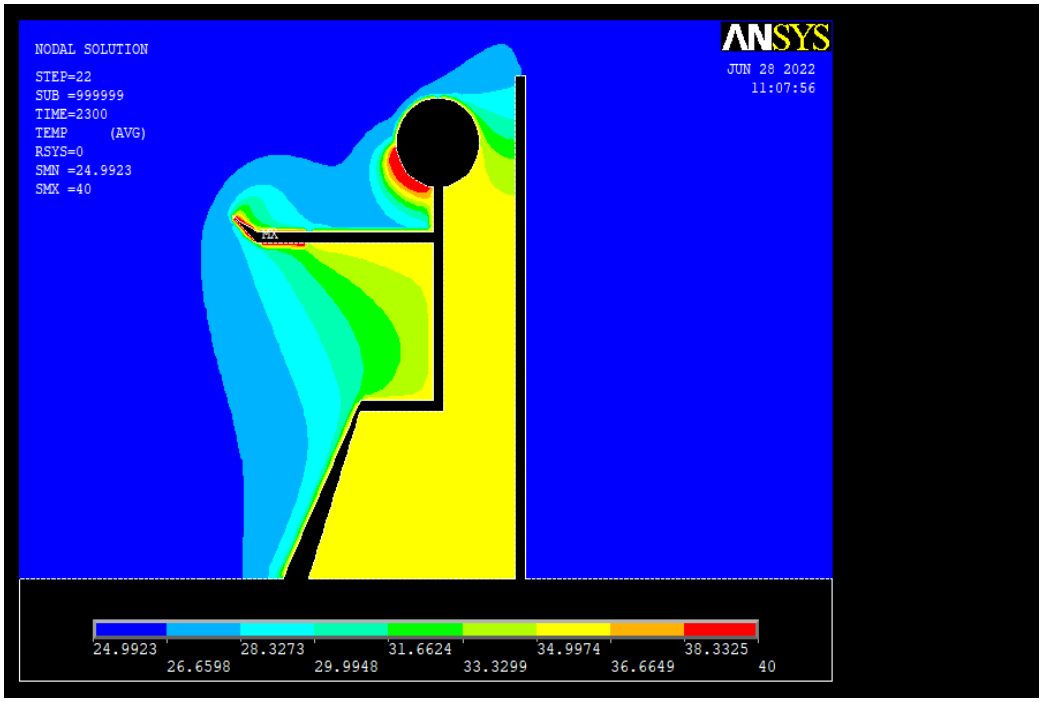


Figure IV.37. Zoom de variation des champs des températures
(Écoulement laminaire, air humide 60%)

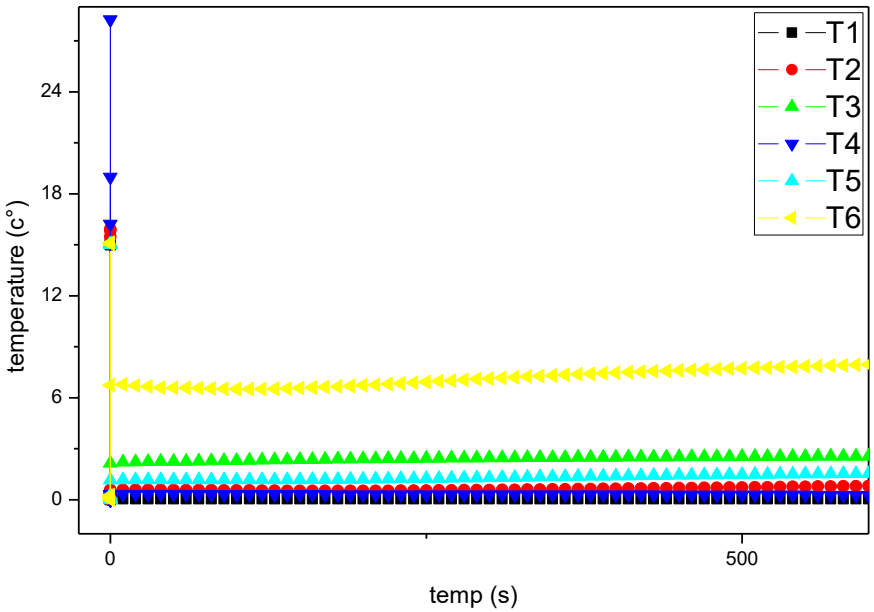


Figure IV.38. Evolution des températures en fonction de temps
(Écoulement laminaire, air humide 60%)

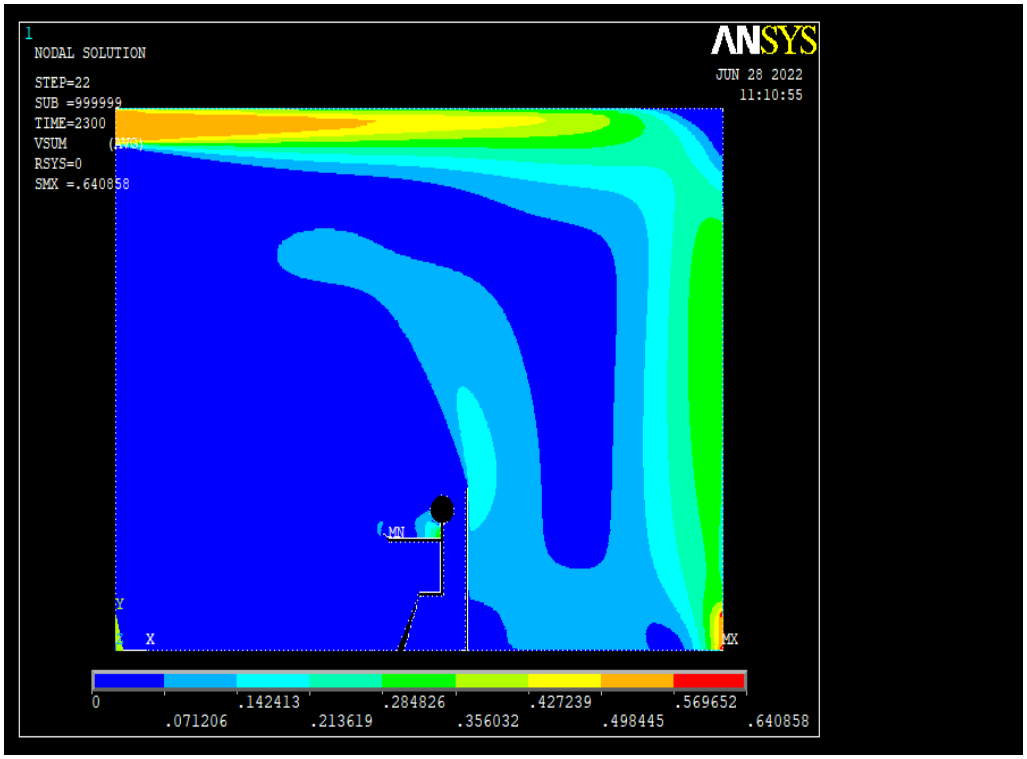


Figure IV.39. Champ des vitesses
(Écoulement laminaire, air humide 60%)

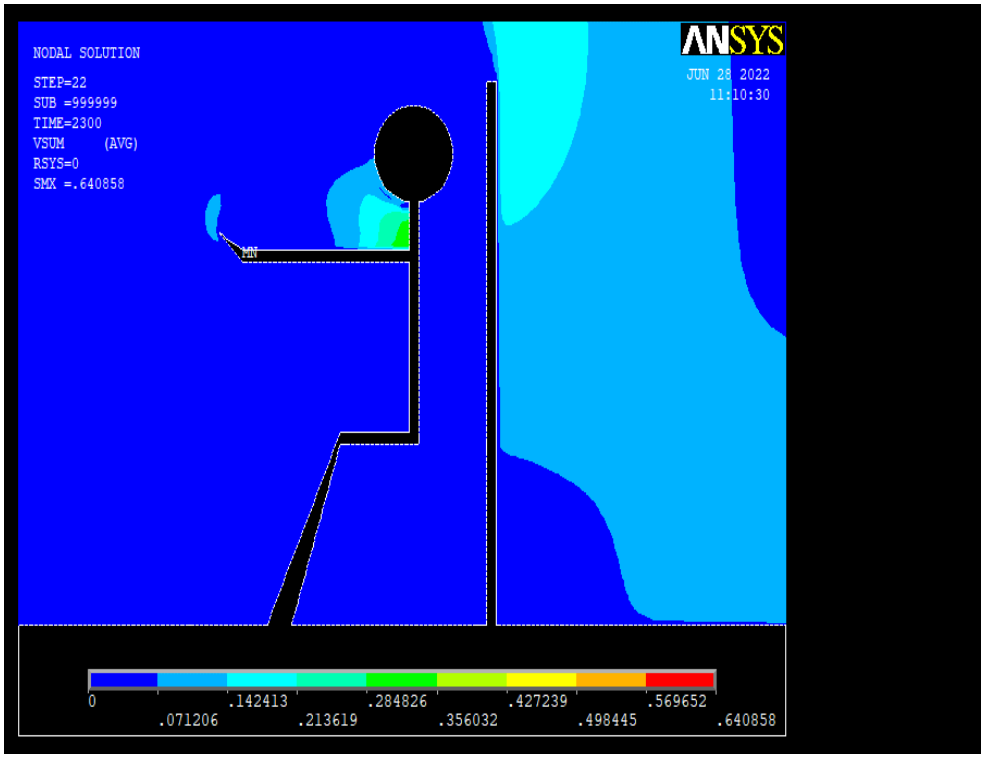


Figure IV.40. Zoom de variation de champ des vitesses
(Écoulement laminaire, air humide 60%)

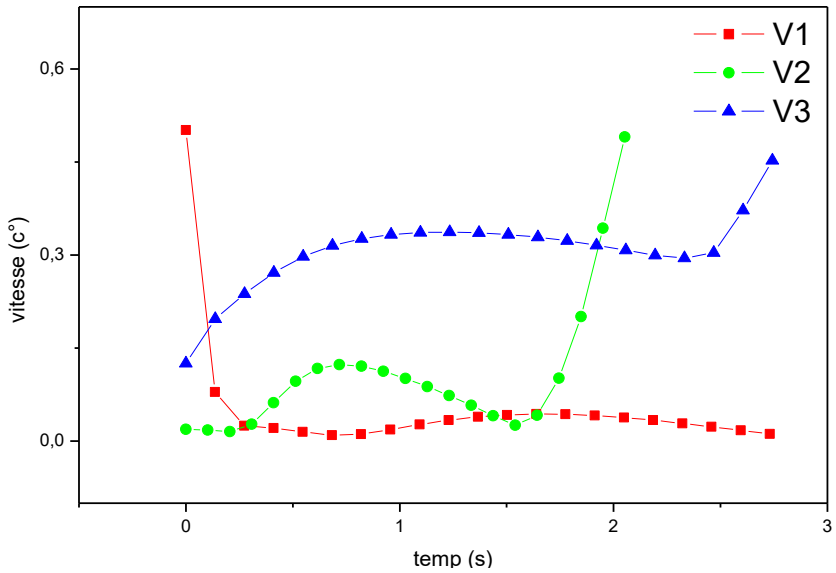


Figure IV.41. Evolution des vitesses en fonction de temps
(Écoulement laminaire, air humide 60%, lignes verticales)

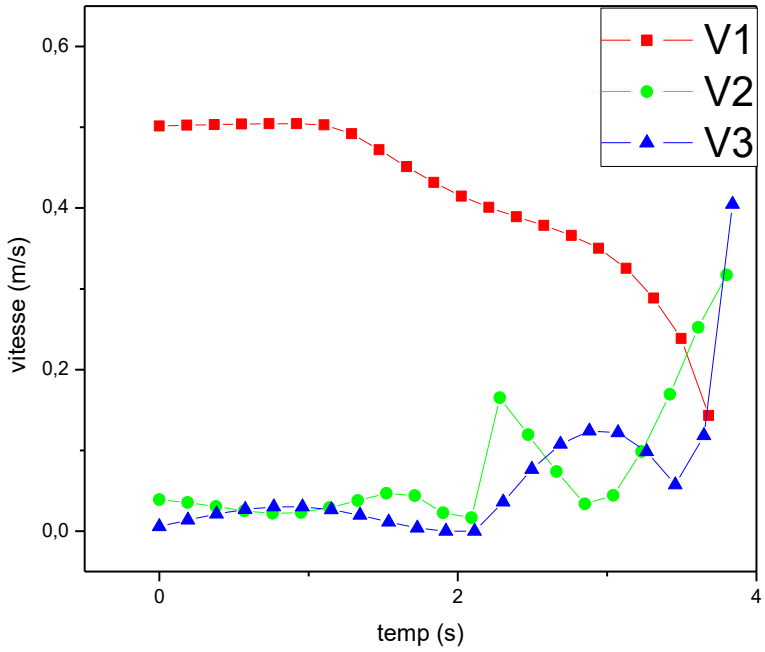


Figure IV.42. Evolution des vitesses en fonction de temps
(Écoulement laminaire, air humide 60%, lignes horizontales)

Les figures IV. 36, IV.37, IV38, IV.39, IV.40, IV.41 et IV.42 illustrent les résultats de la simulation numérique du confort thermique pour un écoulement laminaire pour un taux d'humidité relative de l'ordre de 60%, les resultats confirme les modèles de confort thermique établis dans la littérature pour le bon fonctionnement de l'etre humain dans des intervalles précis du confort thermique

Conclusion générale

Ce projet de master vise à étudier les différents paramètres du confort thermique dans un immeuble résidentiel. Pour ce faire, un outil CFD a été utilisé pour effectuer une étude paramétrique du confort thermique humain. La simulation numérique des différents paramètres de confort thermique est réalisée en régime laminaire et en régime turbulent. Les différents résultats obtenus sont analysés et discutés.

L'influence des différents paramètres sur le confort thermique ont été étudié à travers simulation numérique via le logiciel Ansys multiphysiques.

L'impact de la vitesse de l'air, la température de l'air soufflé et la température de l'air intérieur sur le corps humain a été étudié à travers la simulation numérique en utilisant l'outil CFD Ansys.

Les résultats obtenus sont prometteuses et en courageuses pour simuler différents cas du confort thermique en futur.

Références bibliographiques

[1] PARENT, Thiébaut, Etude du confort ressenti dans espaces intérieurs et extérieures. Centre d'études de formations génie climatique équipement technique du bâtiment, 2012.

[2] MAZARI, Mohammed. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou). Université Mammeri. Tizi Ouzou, 2012.

[3]belakhal,azadine.confort et maitrise de ambiances[en ligne].biskra.Département d'architecture ; univ Biskra 2em anneecours,2012,06p.disponible http://univ-biskra.dz/belekehal/cours%2052-6.PDF(consulté en novembre 2012)

[4] RAIS, Ismahan. Etude du confort thermique d'un construction pedagogique cas des anphie de l'ex centre université de Tébessa. Université Larbi Tébessi – Tébessa, 2016/2017.

[6] Yves.JANNOT, TRANSFERTS THERMIQUES Ecole des Mines Nancy ,2012

[7] www.linseis.com/fr/grandeurs-mesurees/flux-de-chaleur/

[8] ABDEDDAIM Amel," Gestion des échanges thermiques des éléments électroniques" Université

Mohamed Khider de Biskra lundi 8 juillet 2019

[9] Comparaison Entre l'Isolation Thermique Extérieure et Intérieure d'une pièce d'un Habitat Situé Dans Le Site De Ghardaïa. Mohamed GACEM. 2010-2011]

[10]Leçons commentées en ligne sur http://www.grandjean-bpa.com/therm/

[11] CHABANE CHAOUCHE, Koceila. Mlle CHIBOUB, Lylia. Amélioration du confort thermique par la résolution des ponts thermiques dans l'habitat individuel Cas d'une maison à Bouira. Université Abderrahmane mira – BEJAIA, 2016 – 2017

[12] JEDIDI, Malek. BENJEDDOU, Omrane. Athermique du bâtiment du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation. Dunod, 5 rue Laromiguière, 75005 Paris, 2016.

[13] Condition de confort et de logement sain Claude-Alain roulet prof.TIT EPFL, Mai 2008

[14] www.energieplus-lesite.be

[15] CANDAS, Victor. Confort thermique, 2008

[16] CORIENNE, Martinet. MEYER, Jean-Pierre. Travail a la chaleur et confort thermique. NST 184, décembre 1999.

[17] R.Cantin, B. Moujalled, G. Guarracino. Complexité du confort thermique dans les bâtiments, 2005.

[18] wikipedia hpps://www.wikipedia.org