

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج -

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie mécanique

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En: Génie mécanique

Spécialité : Energétique

HIBA Abdelhamid

MESBAH Ilham

LOUAHEM Akram

TIBOUCHE Lotfi

Sujet

Etude et simulation d'un extracteur d'air industriel

Soutenu publiquement, le 03/07/2023, devant le jury composé de :

KHALDI Abdelghani

MCA

Univ-BBA

Président

GOUIDMI Hamza

MCA

Univ-BBA

Examineur

SAIDANI Lyamine

Docteur

Univ-BBA

Encadrant

BELFEGAS Billal

Docteur

Univ-BBA

Co-encadrant

TAYEBI Tahar

Professeur

Univ-BBA

Co-encadrant

Résumé

Le but de cette étude est de choisir la forme idéale d'une ventilateur électrique ou un extracteur d'air à usage industriel qui peut être réalisable en étudiant l'effet de la profil d'aube en choisissant entre NACA0012 et NACA63412, la vitesse de rotation en variant entre 400 et 1200 rpm, diamètre de ventilateur, nombre des pales entre 3, 6 et 9 pales et de l'angle d'attaque (25° , 45° et 80°) sur la vitesse, la pression et le débit d'air dans l'espace ventilé grâce à un logiciel de simulation ANSYS ICEM CFD et à un programme de dessin SOLIDWORKS, le choix du profil, du nombre de pales, du diamètre et de la vitesse de rotation dépendra des besoins spécifiques de ventilation ou d'extraction d'air, en prenant en compte des facteurs tels que l'efficacité, la consommation d'énergie et le niveau sonore.

Mots clés : ventilation, extracteur, NACA0012, ANSYS ICEM CFD, débit d'air.

Abstract

The purpose of this study is to choose the ideal form of an electric fan or an air extractor for industrial use which can be achieved by studying the effect of the blade profile by choosing between NACA0012 and NACA63412, the speed of rotation varying between 400 and 1200 rpm, fan diameter, number of blades between 3, 6 and 9 blades and angle of attack (25° , 45° , 80°) on speed, pressure and air flow in the ventilated space using ANSYS ICEM CFD simulation software and a SOLIDWORKS drawing program, the choice of profile, number of blades, diameter, and rotational speed depends on the specific ventilation or air extraction needs, taking into account factors such as efficiency, energy consumption, and noise level.

Keywords: ventilation, air extractor, NACA0012, ANSYS ICEM CFD, air flow.

المخلص

الغرض من هذه الدراسة هو اختيار الشكل المثالي لمروحة كهربائية أو شفط هواء للاستخدام الصناعي والذي يمكن تحقيقه من خلال دراسة تأثير ملف الشفرة عن طريق الاختيار بين NACA0012 و NACA63412 ، وتتراوح سرعة الدوران بين 400 و 1200 عدد الدورات في الدقيقة، قطر المروحة ، عدد الشفرات بين 3، 6 و 9 ريش وزاوية الهجوم (25° ، 45° ، 80°) على السرعة والضغط وتدفق الهواء في مساحة جيدة التهوية باستخدام برنامج محاكاة ANSYS ICEM CFD وبرنامج رسم SOLIDWORKS. تعتمد اختيار الشكل وعدد الريش والقطر وسرعة الدوران على احتياجات التهوية أو استخراج الهواء المحددة. من المهم النظر في الكفاءة واستهلاك الطاقة ومستوى الضوضاء.

الكلمات المفتاحية: التهوية، شفط الهواء ، NACA0012 ، ANSYS ICEM CFD ، تدفق الهواء.

Remerciements

Nous remercions notre dieu tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage, la force et un excellent encadrement pour finir ce travail.

Nous adressons nos remerciements aux personnes qui nous ont aidés dans la réalisation de cette mémoire.

En premier lieu, nous remercions messieurs Lyamine SAIDANI, Billal BELFEGAS et TAYEBI Tahar docteurs à notre université.

En tant qu'encadreurs de mémoire, ils nous ont guidé dans notre travail et nous ont aidés à trouver des solutions pour avancer.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les membres du jury ici présent, pour avoir fait l'honneur d'évaluer notre travail.

Enfin nous adressons nos vifs remerciements à tous nos enseignants du département Génie Mécanique pour les connaissances qu'ils nous ont inculqués durant ces cinq années.

*D*édicaces

*Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu de m'avoir donné la force
et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

Je tiens à dédier cet humble travail :

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur
tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de me études,*

*A mes chers frères : Slimane et Lokmane, pour leur appui et leur
encouragements,*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours
universitaire,*

A mes meilleurs amis : Akram ; Ilham ; Lotfi

Merci d'être toujours là pour moi.

Abdelhamid

***D**édicaces*

Je dédie ce modeste travail ;

A tous ceux qui me sont chers, tout particulièrement la lumière de ma vie mes très chers parents qui n'ont pas cessé de m'encourager durant toutes mes études que dieu me les gardes.

A mon chère frère : Aymen.

A ma chère sœur : Amani.

A tous mes amis(es) tous particulièrement : Ilham, Abdelhamid, Lotfi.

Et à tous ceux qui me connaissent et qui m'ont aidé de près ou de loin.

Akram

***D**édicaces*

Je dédie ce travail

A ma mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices,

A mon père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il

m'accordé,

A mes chères sœurs pour leur encouragement permanent :

Nihad ; Rahma ; Alaa

A tous mes amis : Amira ; Latifa ; Ghada ; Asma,

Pour leur grand amour

A tous les membres de ma famille,

A tous mes amis,

A tous ceux qui m'aiment.

Ilham

***D**édicaces*

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je

dédie :

A mes très chers parents en reconnaissance de leurs divers sacrifices, de

leurs précieux conseils, de leur soutien moral et de leurs

encouragements.

A mes chers frères et mes amies : Walid ; Amine ; Sami ; Ayoub et Ilyes

A toute la famille paternelle et maternelle ;

A mes amies de ce modeste travaille : Abdelhamid ; Akram ; Ilham

A ceux qui ont attribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste

travail.

Lotfi

Liste des figures

Figure 1.1.	Schéma de ventilation insufflation	7
Figure 2.1.	Ventilateur centrifuge à sortie radiale	16
Figure 2.2.	Ventilateur centrifuge à carter spiralé	16
Figure 2.3.	La forme des aubes	17
Figure 2.4.	Sens général de l'écoulement de l'air	18
Figure 2.5.	Ventilateur à hélice en disposition à entraînement direct	20
Figure 2.6.	Ventilateur à hélice en configuration à entraînement par courroie	21
Figure 2.7.	Ventilateur tube-axial en disposition à entraînement direct	21
Figure 2.8.	Ventilateur axial à aubes en disposition à entraînement direct	22
Figure 2.9.	Ventilateur à flux axial à deux étages sans aubes directrices	23
Figure 2.10.	Triangle des vitesses pour les machines axiales	24
Figure 2.11.	Point de fonctionnement d'une turbomachine	25
Figure 2.12.	La distance de pas entre les pales du ventilateur	25
Figure 2.13.	Forces agissant sur un profil aérodynamique isolé	26
Figure 2.14.	Diagramme de Cordier	27
Figure 2.15.	Diagramme de Cordier pour les ventilateurs	29
Figure 2.16.	Classification des types d'impulseurs sur le diagramme de Cordier	29
Figure 2.17.	La plage de rapport moyeu-pointe optimale pour les ventilateurs à flux axial	29
Figure 2.18.	La configuration des aubes directrices de sortie	31
Figure 2.19.	Vitesse spécifique vs débit et coefficients de hauteur	32
Figure 3.1.	Schéma du maillage	42
Figure 3.2.	Maillages utilisées en volume finis par Fluent	43
Figure 3.3.	Type des maillages	45
Figure 3.4.	L'interface de logiciel ICEM CFD	46
Figure 3.5.	Domaine de calcul (4m×4m×8m)	46

Figure 3.6.	Maillage du domaine (Tetrahedrons).	47
Figure 3.7.	Définition de type de 'solver' et modèle de turbulence (k-epsilon).	48
Figure 3.8.	Edit Materials (air).	48
Figure 3.9.	Rotating domain.	49
Figure 3.10.	Les conditions à l'entrée.	49
Figure 3.11.	Les conditions à sortie.	50
Figure 3.12.	Etape d'initialisation.	50
Figure 3.13.	Test de convergence.	51
Figure 4.1.	Schéma du domaine de calcul 3D de la chambre aérée par un ventilateur.	55
Figure 4.2.	Champs des vitesses pour un profil NACA 63412 de 6 pales.	56
Figure 4.3.	Champs des pressions pour un profil NACA 63412 de 6 pales.	56
Figure 4.4.	Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 de 6 pales.	57
Figure 4.5.	Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de 6 pales.	57
Figure 4.6.	. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents diamètres et avec un angle d'attaque 25° et vitesse de rotation= 800 rpm.	58
Figure 4.7.	Champs des pressions pour un profil NACA 0012 pour différents diamètres et avec un angle d'attaque 25° et vitesse de rotation= 800 rpm.	59
Figure 4.8.	Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différentes vitesses de rotation et avec un angle d'attaque 25°.	60
Figure 4.9.	Champs des pressions pour un profil NACA 0012 pour différentes vitesses de rotation et avec un angle d'attaque 25°.	60
Figure 4.10.	Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 25°.	62
Figure 4.11.	Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 25°.	62
Figure 4.12.	Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 45°.	63
Figure 4.13.	Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 45°.	63
Figure 4.14.	Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 80°.	64

Figure 4.15.	Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 80° .	64
Figure 4.16.	Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différentes angle d'attaque de 3 pales.	66
Figure 4.17.	Champs des pressions pour un profil NACA 0012 pour différents angles d'attaque de 3 pales.	66

Liste des tableaux

Tableau 1.1.	Les types de système de ventilation hygiénique	9
Tableau 2.1.	Les types de ventilateurs	17
Tableau 3.1.	Les conditions aux limites	52
Tableau 4.1.	Débit massique en (kg/s) pour différent angle et nombre de pales	66
Tableau 4.2.	Débit massique (kg/s) pour un angle d'attaque égale 25°	66
Tableau 4.3.	Débit massique (kg/s) pour différent vitesse de rotation et angle d'attaque égale 25°	66
Tableau 4.4.	Débit massique (kg/s) pour un diamètre égale 600 mm	66

Nomenclatures

ρ : La masse volumique du fluide	[kg/m ³]
D : Diamètre de domaine	[m]
u_j : Les composantes de la vectrice vitesse	
E : L'énergie totale	[J]
δ_{ij} : Le tenseur de Kronecker.	
τ_{ij} : Le tenseur des contraintes visqueuses.	
P : La pression	[Pa]
P_s : Pression de la sortie	[Pa]
P_a : Pression atmosphérique	[Pa]
P_{st} : Pression statique	[Pa]
P_{dy} : Pression dynamique	[Pa]
P_0 : pression totale	[Pa]
V : Vitesse de l'air	[m/s]
g : La gravitation accélération	[N/m]
h : Élévation	[m]
v : vitesse de refoulement du ventilateur	[m/s]
V : Volume massique	[m ³ /kg]
C_s : Vitesse de l'air à la sortie	[m/s]
Q : Désigne le débit volumétrique	[m ³ /s]
W : Travail	[J/Kg]
P_v : Puissance totale absorbée par le ventilateur	[W]
μ_t : viscosité dynamique	[kg/m.s]
u_j : est la composante de la vitesse suivant la direction x_i	
Γ : est le coefficient de diffusion	

T able des matières

Remerciements

Dédicaces

Nomenclature

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction générale1

Chapitre 1 : Généralité sur les systèmes de ventilation

1.1.	Introduction	4
1.2.	Pollution de l'air intérieur	4
1.3.	Les fonctions de la ventilation.....	4
1.4.	Définition de la ventilation générale	5
1.5.	Les types de la ventilation	5
1.5.1.	Ventilation naturelle	6
1.5.2.	Ventilation mécanique.....	6
a)	La ventilation simple flux par extraction :	6
b)	La ventilation simple flux par soufflage.....	7
1.5.2.1.	Les avantages de la ventilation à alimentation mécanique	7
1.5.2.2.	Les inconvénients de la ventilation à alimentation mécanique.....	8
1.5.3.	La ventilation hybride	8
1.6.	Quelques concepts sur le mouvement de l'air.....	8
1.6.1.	Notion de masse d'air.....	8
1.6.2.	Circulation Générale.....	8
1.6.3.	La ventilation hygiénique	9
1.6.4.	Ventilation de confort.....	10
1.7.	Conclusion.....	11
	Bibliographie	12

Chapitre 2 : Les ventilateurs axiaux

2.1.	Introduction	14
2.2.	Types de ventilateurs	14
2.3.	Classification des ventilateurs	14
2.3.1.	Classification suivant la pression	15
2.3.2.	Classification suivant le principe de fonctionnement.....	15
2.3.2.1.	Les ventilateurs centrifuges	15
2.3.2.2.	Les ventilateurs hélicoïdaux	16
2.4.	Etude du ventilateur axial	19
2.4.1.	Classification des ventilateurs à flux axial	19
2.4.1.1.	Ventilateurs à hélice	19
2.4.1.2.	Ventilateurs Tube-Axiaux	21
2.4.1.3.	Ventilateurs à aubes axiales.....	22
2.4.1.4.	Ventilateurs à flux axial à deux étages	22
2.4.2.	Caractéristiques du ventilateur	23
2.4.3.	Triangle de vitesse (machine axiale)	23
2.4.4.	Performances globales et point de fonctionnement.....	24
2.4.5.	Méthodes de conception des pales de ventilateur à flux axial.....	25
2.4.6.	Procédure de conception préliminaire	26
2.4.6.1.	Diagramme de Cordier	27
2.4.6.2.	Diamètre du moyeu et nombre de pales	29
2.4.6.3.	Les aubes directrices.....	30
2.4.6.4.	Coefficients de hauteur et de débit	31
2.5.	Conclusion	32
	Bibliographie	33

Chapitre 3 : Modèle mathématique et Résolution numériques

3.1.	Introduction.....	36
3.2.	Equations de Navier-Stokes	36
3.2.1.	Équation de conservation de la masse.....	36
3.2.2.	Equation de conservation de quantité de mouvement.....	37
3.3.	Théorème de Bernoulli.....	37
3.4.	Relation d'EULER pour les machines axiales	37
3.5.	La pression statique et la pression d'arrêt	39
3.6.	Travail d'un ventilateur.....	39
3.7.	Rendement du ventilateur	39

3.8.	Puissances d'un ventilateur	39
3.9	Modèle de turbulence	40
3.9.1	Modèle standard $k - \varepsilon$	40
3.9.2.	Le modèle standard $k - \omega$	40
3.10.	Résolution numérique	41
3.10.1.	Principe de la méthode des volumes finis	41
3.10.1.1.	Maillage.....	41
3.10.2.	Discretisation des équations gouvernantes.....	42
3.11.	Les différents types de maillage.....	43
3.11.1.	Maillage structuré (quadra/hexa)	44
3.11.2.	Maillage non structuré (tri/tétra)	44
3.11.3.	Maillage hybride	44
3.12.	Description de logiciel ANSYS (ICEM CFD/CFX)	45
3.12.1.	Première partie : Géométrie et Maillage	45
	Le logiciel ANSYS ICEM CFD	45
	b)Etape 02 : Génération du maillage :	46
	Le logiciel ANSYS CFX	47
	a)Etape 01 : Pré-Processing	47
	Materials (air).....	48
	Les conditions initiales et conditions aux limites au code CFX-pre	49
	Les conditions à l'entrée.....	49
	Les conditions à sortie.....	50
	b)Etape 02: SOLVER CFX.....	50
3.13.	Conclusion.....	52
	Bibliographie	53

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4.1.	Introduction	55
4.2.	Description de la géométrie	55
4.3.1.	Effet de profil d'aube :.....	55
4.3.2.	Effet de diamètre de ventilateur.....	58
4.3.3.	Effet de la vitesse de rotation.....	59
4.3.4.	Effet de nombre de pales du ventilateur	60
4.3.5.	Effet de l'angle d'attaque de pales.....	64
4.4.	Conclusion.....	66
	Conclusion générale.....	68
	Références bibliographiques	

I**ntroduction générale**

Les ventilateurs et les extracteurs d'air sont des dispositifs essentiels dans de nombreux domaines, tels que l'industrie, le génie mécanique, la climatisation, la ventilation et les systèmes de refroidissement. Leur fonction principale est de déplacer l'air et de créer un flux d'air directionnel pour diverses applications.

Les ventilateurs sont des dispositifs mécaniques conçus pour générer un débit d'air en utilisant des pales qui tournent autour d'un axe central. Ils peuvent être utilisés pour créer une circulation d'air dans un espace donné, pour fournir de l'air frais dans les systèmes de ventilation ou pour refroidir des équipements thermiques. Les ventilateurs peuvent être de différentes tailles et configurations, allant des petits ventilateurs de bureau aux grandes unités industrielles.

Les extracteurs d'air, quant à eux, sont des ventilateurs spécifiquement conçus pour éliminer l'air vicié, les odeurs, l'humidité ou les contaminants d'un espace clos. Ils sont souvent utilisés dans les cuisines, les salles de bains, les locaux techniques ou les espaces industriels pour évacuer l'air pollué vers l'extérieur. Les extracteurs d'air peuvent être montés sur les murs, les fenêtres ou les conduits d'aération, et ils jouent un rôle important dans le maintien de la qualité de l'air intérieur et la ventilation des espaces confinés.

La conception et les performances des ventilateurs et des extracteurs d'air dépendent de plusieurs paramètres, tels que le débit d'air requis, la pression statique, l'efficacité énergétique et les contraintes spécifiques de l'application. Différents types de ventilateurs sont disponibles pour répondre à des besoins spécifiques, tels que les ventilateurs centrifuges, les ventilateurs axiaux, les ventilateurs hélicoïdaux et les ventilateurs à flux mixte. Chaque type de ventilateur a ses propres caractéristiques et avantages, adaptés à des situations particulières.

Dans un environnement de plus en plus soucieux de l'efficacité énergétique, l'amélioration de la performance et de l'efficacité des ventilateurs et des extracteurs d'air est devenue une préoccupation majeure. Des techniques avancées, telles que la modélisation numérique et l'optimisation des aubes de ventilateur, sont utilisées pour améliorer leur conception et réduire leur consommation d'énergie.

En résumé, les ventilateurs et les extracteurs d'air sont des composants essentiels pour la ventilation, la circulation d'air et le refroidissement dans diverses applications. Leur rôle dans le maintien de la qualité de l'air intérieur, la gestion de la température et l'élimination des contaminants est crucial. En continuant à développer et à améliorer ces dispositifs, nous pouvons assurer des environnements plus sains, plus confortables et plus efficaces sur le plan énergétique.

Pour ce faire, nous avons répartis notre travail en trois chapitres :

Le premier chapitre, traite des généralités sur la ventilation et leur système dans les logements, usines ...etc. Et aussi nous citerons les types des extracteurs d'air et où l'utiliser.

Le deuxième chapitre, nous avons précisons le type de l'extracteur d'air qui nous intéresse et ses composants.

Le troisième chapitre, nous l'étudions et le simulons avec logiciel **ANSYS**, puis nous discutons des résultats.

Le quatrième chapitre porte sur les résultats et les différentes discussions.

Enfin, notre étude est clôturée par une conclusion.

Chapitre 1

Généralité sur les systèmes de ventilation

Sommaire

1.1. Introduction	4
1.2. Pollution de l'air intérieur	4
1.3. Les fonctions de la ventilation.....	4
1.4. Définition de la ventilation générale	5
1.5. Les types de la ventilation	5
1.5.1. Ventilation naturelle	6
1.5.2. Ventilation mécanique.....	6
a) La ventilation simple flux par extraction :	6
b) La ventilation simple flux par soufflage.....	7
1.5.2.1. Les avantages de la ventilation à alimentation mécanique	7
1.5.2.2. Les inconvénients de la ventilation à alimentation mécanique.....	8
1.5.3. La ventilation hybride	8
1.6. Quelques concepts sur le mouvement de l'air.....	8
1.6.1. Notion de masse d'air.....	8
1.6.2. Circulation Générale.....	8
1.6.3. La ventilation hygiénique.....	9
1.6.4. Ventilation de confort.....	10
1.7. Conclusion.....	11
Références	12

1.1. Introduction

L'installation d'une ventilation est une solution efficace pour lutter contre l'humidité et évacuer les polluants. La ventilation mécanique contrôlée (VMC) assure l'extraction de l'air par un ventilateur mécanique sans dépendre des conditions climatiques extérieures contrairement aux autres solutions d'aération.

Ce chapitre est intitulé pour les différents systèmes de ventilation utilisés dans l'industrie, et leurs principes de fonctionnement. En citant les équipements et les accessoires de la ventilation mécanique contrôlée.

1.2. Pollution de l'air intérieur

La pollution résulte du manque de ventilation suffisante dans les espaces clos, ce qui contribue à concentrer la proportion d'air pollué dans ces lieux. Quant au monoxyde de carbone, qui provoque des intoxications, une sensation de fatigue et douleur thoracique, qui est due à un manque de ventilation. Les effets de l'exposition au monoxyde de carbone varient considérablement d'une personne à l'autre, en fonction de l'âge, de l'état de santé général, de la concentration et de la durée de l'exposition.

La qualité de l'air intérieur est l'étude des composants de l'air intérieur qui affectent la santé et le confort des personnes dans une pièce. La qualité de l'air intérieur est sujette à la pollution, notamment au monoxyde de carbone, qui peut être nocive pour la santé. Les polluants de l'air intérieur sont associés à de nombreux risques pour la santé, y compris l'empoisonnement. L'air intérieur est plus dangereux pour la santé que l'air extérieur. Pour éliminer ces polluants et assurer la qualité de l'air, il est nécessaire d'aérer les pièces dans lesquelles nous vivons, et l'utilisation de la ventilation dilate et distribue les polluants partout pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

Le réapprovisionnement continu et régulier de l'air permet de maintenir le milieu habitable à un état hygrométrique proche de celui de l'air extérieur et de prévenir ainsi le dépôt d'humidité dans les locaux et en particulier au niveau des usines. En excluant l'humidité en retirant l'air chaud puisqu'il enferme toute la vapeur d'eau produite dans l'usine [1]

1.3. Les fonctions de la ventilation

Les systèmes de ventilation doivent satisfaire à des exigences d'hygiène, de confort, de respect de l'environnement et d'économie d'énergie. La ventilation est au service de trois fonctions principales :

a) La ventilation à un rôle hygiénique qui consiste à maintenir une bonne qualité de l'air intérieur. Il s'agit essentiellement de prévenir l'accumulation de polluants gazeux et d'odeurs désagréables au sein du bâtiment.

b) La ventilation à un rôle d'entretien sert à éviter ou d'éliminer la condensation de la vapeur d'eau sur les parois. Elle permet d'atteindre cet objectif de pérennité du bâti en remplaçant l'air humide par de l'air moins humide. Cette fonction est étroitement liée à la ventilation d'hygiène.

c) Le troisième rôle est l'obtention d'un confort d'été en favorisant les échanges thermiques convectifs et évaporatifs. L'augmentation du renouvellement d'air permet d'accroître les échanges avec l'air extérieur et de refroidir le bâtiment lorsque la température de l'air extérieur est inférieure à celle de l'air intérieur.

Le renouvellement d'air doit être limité quand les températures s'inversent [2].

1.4. Définition de la ventilation générale

La ventilation c'est le renouvellement général d'air dans un bâtiment par entrée d'air neuf extérieur et sortie d'air intérieur vicié, grâce à un dispositif naturel ou mécanique, lequel assure en permanence des débits d'air minimaux.

Une ventilation insuffisante est l'une des causes principales de la mauvaise qualité de l'air intérieur d'un bâtiment [3].

La ventilation générale opère par dilution des polluants à l'aide d'un apport d'air neuf dans le local de travail en quantité suffisante pour amener les concentrations des substances toxiques en dessous de la valeur limite d'exposition.

L'aération par ventilation générale est utilisée dans les locaux à pollution non spécifique, c'est-à-dire dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine [4].

1.5. Les types de la ventilation

La ventilation introduit de l'air extérieur dans un bâtiment ou une pièce et distribue l'air dans ce bâtiment ou cette pièce. L'objet général de la ventilation des bâtiments est d'assainir l'atmosphère en diluant les polluants formés dans le bâtiment et en évacuant ces polluants.

Trois éléments de base caractérisent la ventilation des bâtiments :

- le débit de ventilation : quantité d'air extérieur introduite dans l'espace, et qualité de l'air extérieur.
- la direction du flux d'air : direction générale du flux d'air dans un bâtiment, qui doit aller des zones propres aux zones sales.
- le mode de distribution ou d'écoulement de l'air : l'air extérieur doit être distribué efficacement, en tout point de l'espace ventilé, et tout point de l'espace ventilé doit être débarrassé efficacement des polluants aéroportés qui y sont générés.

Trois méthodes peuvent être utilisées pour ventiler un bâtiment :

- a) La ventilation naturelle

- b) La ventilation mécanique
- c) La ventilation hybride

1.5.1. Ventilation naturelle

La ventilation naturelle est utilisée en approche bioclimatique pour fournir l'air frais nécessaire aux occupants pour leur santé, et de contrôler la température pour leur confort. Cette stratégie s'avère efficace à contrôler les surchauffes des bâtiments si ceux-ci sont bien conçus et si les conditions climatiques le permettent : une disposition stratégique des ouvertures et une morphologie architecturale favorable à la circulation transversale et verticale de l'air permettront de générer suffisamment de changements d'air pour évacuer la surchauffe [5].

Il y a deux grands « moteurs » de la ventilation naturelle :

Le vent : Une façade exposée au vent est en surpression. A l'inverse, une dépression est créée sur les façades sous le vent. Si des ouvertures sont créées sur les faces opposées d'un bâtiment, un renouvellement d'air proportionnel au carré de la vitesse du vent se produit [6].

Le tirage thermique : La dépression qui génère les mouvements d'air est créée par la différence de masse volumique de l'air plus ou moins chaud. « L'air chaud a tendance à monter ». Si on prévoit des ouvertures en partie basse pour introduire d'air extérieur dans un espace à rafraîchir, et des ouvertures en partie haute pour laisser l'air s'échapper, il se produit un renouvellement d'air par effet de cheminée [6].

1.5.2. Ventilation mécanique

La ventilation mécanique consiste à recourir à des systèmes mécaniques pour apporter et extraire l'air des bâtiments. L'air frais est aspiré par des ventilateurs électriques et amené dans les locaux secs au moyen de conduits et de bouches d'insufflation. Dans notre travail ce type de ventilation n'est pas approfondi car on s'intéresse seulement à la ventilation naturelle. En résumé, les différents systèmes de ventilation mécanique sont les suivants :

a) La ventilation simple flux par extraction :

L'air frais extérieur entre par des ouvertures situées sur les menuiseries ou dans les coffres de volets roulants dans les pièces principales (séjour, salon, chambres...). L'air vicié est évacué par les pièces de services (salle de bains, cuisine, WC...), grâce à un groupe d'extraction muni d'un ventilateur. Ce système permet d'assurer une indépendance du débit de renouvellement d'air par rapport aux conditions extérieures. Il est largement utilisé dans le résidentiel neuf. La ventilation simple flux peut être :

- ✓ Auto réglable : Le système permet d'ajuster de façon automatique le débit d'extraction d'air dans les pièces techniques.

- ✓ Hydro-réglable : La ventilation hydro-réglable est un système de ventilation modulant les débits en fonction de l'humidité. Ce système a été conçu pour répondre à deux objectifs majeurs :

- Moduler les débits d'air en fonction du taux d'humidité en vue de réduire les déperditions énergétiques due à une ventilation excessive ou inutile.

- Eviter les risques de condensation dans le logement.

b) La ventilation simple flux par soufflage

Il y a toujours qu'un seul ventilateur, mais il pousse l'air hygiénique dans les différentes zones à traiter (Figure 1.1). Cet air est rejeté à l'extérieur par des bouches ou des volets de surpression. En revanche, la ventilation mécanique par soufflage est généralement considérée comme étant inapproprié à l'usage résidentiel où son utilisation reste assez rare [7].



Figure 1.1. Schéma de ventilation insufflation [8].

1.5.2.1. Les avantages de la ventilation à alimentation mécanique

- ✓ la simplicité du système.
- ✓ la bonne distribution de l'air frais dans tout le bâtiment.
- ✓ la surpression diminue les risques de refoulement et d'infiltration des gaz se dégageant du sol ou des matériaux de construction.
- ✓ l'air peut être filtré et sa température et/ou son humidité conditionnées.
- ✓ les débits d'air amené sont contrôlés.
- ✓ une partie de l'air intérieur peut être récupérée et mélangée à l'air extérieur.

1.5.2.2. Les inconvénients de la ventilation à alimentation mécanique

- Elle favorise la pénétration de l'air humide provenant de l'intérieur dans les murs extérieurs et la toiture.
- Elle ne convient pas toujours dans le cas d'une rénovation.
- Si l'entrée d'alimentation est mal située, mal conçue ou mal placée, l'installation de ventilation peut introduire les bruits extérieurs dans le bâtiment.
- Les ouvertures entre locaux favorisent le passage de bruits.
- Il n'y a pas de récupération de chaleur.
- Les débits d'air extrait ne sont pas contrôlables.
- Les évacuations doivent se faire par des conduits verticaux.
- Les débouchés des conduits d'extraction verticaux doivent se situer près du faîtage.
- L'enveloppe extérieure du bâtiment doit avoir une bonne étanchéité à l'air.
- Elle a besoin d'énergie électrique.
- Elle nécessite une maintenance régulière.

1.5.3. La ventilation hybride

La ventilation hybride est un système qui combine à la fois les stratégies passives de la ventilation naturelle et les moyens actifs de la ventilation mécanique pour maintenir un environnement confortable. Selon les conditions météorologiques disponibles. Le système de ventilation du bâtiment échange entre les modes passif et mécanique de manière à assurer constamment une ventilation et un refroidissement des espaces adéquat tout en minimisant la consommation énergétique [5].

1.6. Quelques concepts sur le mouvement de l'air

1.6.1. Notion de masse d'air

On appelle masse d'air, un ensemble de particules synoptiques dont les propriétés sont essentiellement semblables dans un même plan horizontal et ne présentant de discontinuités marquées suivant une même verticale.

1.6.2. Circulation Générale

Pour comprendre la notion de circulation, on considère que les mouvements des masses d'air se font sans tenir compte des saisons (terre considérée comme immobile). On envisagera leurs mouvements au voisinage du sol puis en altitude. On complètera l'étude en considérant par la suite l'influence des saisons sur les mouvements précédents (Cours de mouvement de masse d'air TSEI 2 météo, 2014).

- Circulation Générale moyenne en l'absence des saisons

➤ Circulation en surface

1.6.3. La ventilation hygiénique

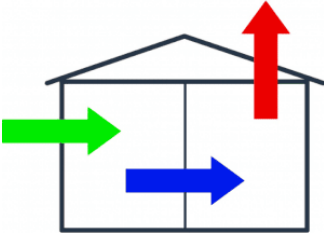
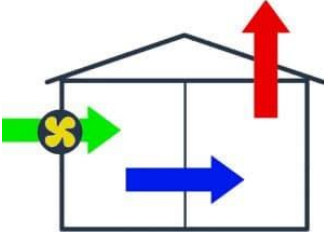
But de renouveler l'air des locaux pour assurer un climat intérieur sain. À défaut d'un renouvellement efficace de l'air, l'humidité et les polluants produits se concentrent dans l'air intérieur et peuvent avoir des effets néfastes sur la santé des occupants et dans le bâtiment.

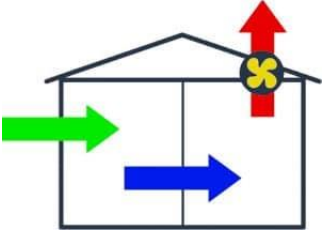
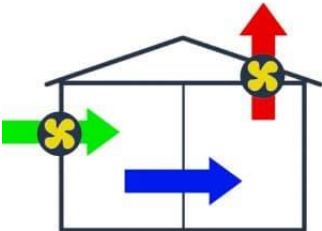
On appelle système de ventilation hygiénique l'ensemble des dispositifs (composants et bâtiment) permettant de renouveler l'air des locaux de façon contrôlée.

Les exigences de ventilation diffèrent en fonction des affectations PEB « Habitation Individuelle » et « Non Résidentielle ».

Il existe 4 types de système de ventilation hygiénique tant pour l'affectation PEB « Habitation Individuelle » que pour l'affectation PEB « Non Résidentielle » [5].

Tableau 1.1. Les types de système de ventilation hygiénique [9]

Schéma	Système	Description
	<p>Système A : ventilation naturelle</p>	<p>Son principe consiste à utiliser des aérateurs ou grilles réglables pour faire entrer naturellement l'air neuf à l'intérieur. Les premiers sont à installer dans les vitrages, ou les châssis. Quant aux grilles, elles sont à positionner en façade.</p>
	<p>Système B : ventilation mécanique simple flux par pulsion</p>	<p>Ce système favorise le renouvellement de l'air par insufflation sans ou avec réseau de gaines. On distingue le VMC simple flux hygro de type et celui de type B. avec le premier, la régulation du débit d'air se fera en fonction du taux d'humidité dans l'air intérieur. Avec le second, la combinaison bouches d'extraction</p>

		et entrées d'air assure la régulation du débit d'air.
	<p>Système C : ventilation mécanique simple flux par extraction</p>	<p>Elle fait partie des systèmes de ventilation hygiénique. Ici, des aérateurs ou des grilles réglables assurent l'entrée naturelle d'air neuf. Le détalonnage se fera via des grilles installées dans la partie basse des murs ou des portes. Enfin, un ou plusieurs ventilateurs se chargent d'évacuer mécaniquement et en continu l'air vers les façades ou la toiture. Evacuant avec efficacité l'humidité, ce dispositif compte quelques inconvénients, dont des nuisances sonores.</p>
	<p>Système D : ventilation mécanique double flux</p>	<p>Ce système est conforme à la norme NBN D50-001. Avec lui, la pulsion de l'air neuf filtré, comme l'extraction de l'air vicié se fera de manière mécanique. En plus de permettre le prétraitement de l'air.</p>

1.6.4. Ventilation de confort

La ventilation dite de confort a pour objectif d'améliorer le confort physiologique de l'occupant en créant un mouvement d'air dans la pièce. Afin d'obtenir des débits d'air suffisants par ventilation naturelle il est généralement intéressant d'utiliser un système de ventilation traversant. L'inconvénient de cette stratégie est qu'elle s'accompagne par une augmentation des températures, d'es lors que la température extérieure est plus élevée que celle à l'intérieur. Pour une utilisation optimale de la ventilation naturelle en journée, le bâtiment ne doit donc pas absorber et stocker de chaleur, nécessitant ainsi de privilégier des structures légères (bois, béton léger,

brique perforée . . .). Du point de vue climatique, la température extérieure maximale ne doit pas dépasser 28 à 32 °C selon l'acclimatation des occupants. Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) s'est intéressé à la prise en compte des paramètres climatiques dans l'habitat. Il ressort de cette étude qu'avec des vitesses de vents supérieures à 1 m/s au niveau des ouvrants du bâtiment il est possible d'évacuer efficacement les apports de chaleur dus au soleil et aux charges internes et d'améliorer la sensation de confort. Si l'utilisation de la ventilation naturelle n'est pas possible, un confort similaire peut être obtenu en utilisant un brasseur d'air. Ce dernier entraînera cependant un coût supplémentaire (consommation électrique) et ne permettra pas d'évacuer les charges internes [10].

1.7. Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté la ventilation, sa évolution, ces types, ainsi que les différents types de la ventilation généralement et la ventilation mécanique et le principe de fonctionnement d'une manière plus détaillé, ce chapitre s'intéresse aussi avec les concepts de mouvement d'air afin de donné une vue générale sur la ventilation mécanique.

Références

- [1] B. FATIMA ZOHRA et B. SOUMIA, «Mélange de contaminants gazeux dans une pièce ventilée,» Mostaganem, 2021.
- [2] S. Bilal et L. Nasr eddine, «Etude et simulation de ventilation d'un,» Bouira, 2018.
- [3] B. Guillaume, La ventilation dans les bâtiments, 2012, p. 2.
- [4] D. Laure, F. Olivia et G. Caroline, Ventilation Générale des Locaux de Travail, Marseille: MASTER PRNT, 2005, p. 8.
- [5] c. marcello, Analyse expérimentale et simulation de la ventilation naturelle mono-façade pour le rafraîchissement des immeubles de bureaux, Paris, 2010.
- [6] H. M. Alkama, Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec, Revue des Energies Renouvelables, vol. Vol. 12 N°3, 2009, p. pp. 471 – 488.
- [7] H. Boivin, la ventilation naturelle développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale, maître ès sciences, Québec: université Laval Québec, 2007.
- [8] «Conseils Thermiques,» [En ligne]. Available: https://conseils-thermiques.org/contenu/ventilation_par_insufflation.php.
- [9] «Ventilation.be,» [En ligne]. Available: <https://ventilation.be/systeme-de-ventilation/>.
- [10] G. A. FAGGIANELLI, Rafraîchissement par la ventilation naturelle traversante des bâtiments en climat méditerranéen., 2011.

Chapitre 2

Les ventilateurs axiaux

Sommaire

2.1.	Introduction	14
2.2.	Types de ventilateurs.....	14
2.3.	Classification des ventilateurs	14
2.3.1.	Classification suivant la pression	15
2.3.2.	Classification suivant le principe de fonctionnement	15
2.3.2.1.	Les ventilateurs centrifuges	15
2.3.2.2.	Les ventilateurs hélicoïdaux	16
2.4.	Etude du ventilateur axial	19
2.4.1.	Classification des ventilateurs à flux axial.....	19
2.4.1.1.	Ventilateurs à hélice	19
2.4.1.2.	Ventilateurs Tube-Axiaux.....	21
2.4.1.3.	Ventilateurs à aubes axiales.....	22
2.4.1.4.	Ventilateurs à flux axial à deux étages	22
2.4.2.	Caractéristiques du ventilateur	23
2.4.3.	Triangle de vitesse (machine axiale)	23
2.4.4.	Performances globales et point de fonctionnement	24
2.4.5.	Méthodes de conception des pales de ventilateur à flux axial	25
2.4.6.	Procédure de conception préliminaire	26
2.4.6.1.	Diagramme de Cordier	27
2.4.6.2.	Diamètre du moyeu et nombre de pales	29
2.4.6.3.	Les aubes directrices.....	30
2.4.6.4.	Coefficients de hauteur et de débit.....	31
2.5.	Conclusion.....	32
	Références	33

2.1. Introduction

Les ventilateurs fournissent la force motrice nécessaire au déplacement de l'air contre la résistance d'un réseau transporteur d'air. Ils peuvent alimenter une pièce en air ou en extraire de l'air pollué. Lorsque le système transporteur d'air comporte un réseau de gaines, les ventilateurs peuvent être placés à l'extérieur de la pièce et un seul ventilateur peut être utilisé pour plus d'une pièce [1].

Les ventilateurs sont des turbomachines transférant à l'air qui les traverse l'énergie nécessaire afin de véhiculer l'air au travers d'une paroi (ventilateur de paroi), dans un ou plusieurs conduits ou bien permettant de balayer un espace (local) assurant ainsi une homogénéisation de l'air (ventilateur plafonnier) [2].

2.2. Types de ventilateurs

Parmi les nombreux types de ventilateurs couramment employés dans les installations de ventilation et de conditionnement d'air, on rencontre 4 principaux types de roues qui se distinguent les unes des autres en fonction de la forme des aubes.

Ils sont ainsi dénommés :

- Ventilateur centrifuge à aubes inclinés vers l'arrière ou ventilateur à Réaction
- Ventilateur centrifuge à aubes inclinés vers l'avant ou ventilateur à Action
- Ventilateurs à aubes radiales
- Ventilateurs Hélicoïde

Utilisation générale :

- Extracteurs de toiture ou tourelles d'extraction (à roue centrifuge ou hélicoïde)
- Désenfumage de locaux
- Rideaux d'air chaud (ventilateur tangentiel)
- Centrale de traitement d'air
- Ambiance explosive à peu explosive : ventilateur antidéflagrant [2].

Les applications des ventilateurs sont très nombreuses et variées. Chaque application demande un ventilateur spécifique. La sélection d'un ventilateur est faite en fonction des critères suivants :

- le débit d'air,
- la pression totale,
- le niveau de bruit maximal admissible,
- le rendement.

2.3. Classification des ventilateurs

Les ventilateurs peuvent être classés de plusieurs façons :

- Suivant la pression
- Suivant le principe de fonctionnement
- Suivant les caractéristiques du fluide véhiculé : Air propre, air chargé (poussières, fibres.....), air humide.

2.3.1. Classification suivant la pression

On classe les ventilateurs selon leur pression différentielle notée « Δp ». On distingue :

- Les ventilateurs basse pression : pression maximum ≤ 70 daPa.
- Les ventilateurs moyenne pression : $70 \leq$ Pression ≤ 350 daPa.
- Les ventilateurs haute pression : Pression > 350 daPa.

2.3.2. Classification suivant le principe de fonctionnement

Dans cette classification nous avons :

- Les ventilateurs centrifuges.
- Les ventilateurs hélicoïdes.

2.3.2.1. Les ventilateurs centrifuges

Le rotor de ces ventilateurs est constitué d'une roue cylindrique comportant des pales (aubes). Cette roue tourne dans une volute. La rotation de la roue fait que l'air est aspiré axialement et refoulé radialement. C'est-à-dire l'air est aspiré parallèlement à l'axe de rotation et propulsé par force centrifuge perpendiculairement à ce même axe.

Les ventilateurs centrifuges permettent d'obtenir des débits moyens importants avec des pressions élevées (jusqu'à 25000 Pa et plus). Ils sont bien adaptés au transport de l'air dans des réseaux longs ou ramifiés.

Il existe aussi des ventilateurs centrifuges à deux ouïes d'aspiration. Ces roues plus larges, parfois composées de deux roues simple ouïe accolées, aspirent l'air de chaque côté de la roue.

Les aubes des ventilateurs peuvent avoir différentes formes :

- a) aubes courbées vers l'arrière ou à réaction
- b) aubes courbées vers l'avant ou à action
- c) aubes radiales.

Les ventilateurs centrifuges déplacent l'air grâce à la force centrifuge produite par le déplacement de l'air entre les pales de la roue et l'inertie générée par la vitesse de l'air quittant les pales de celle-ci. Le carter d'un ventilateur centrifuge.

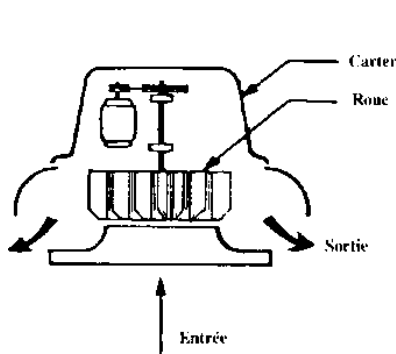


Figure 2.1. Ventilateur centrifuge à sortie radiale.

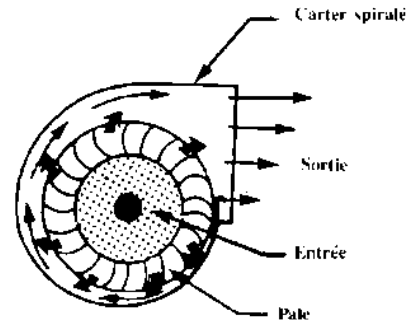


Figure 2.2. Ventilateur centrifuge à carter spiralé.

Peut-être à sortie radiale continue figure 2.1 ou spiralé à sortie unique figure 2.2. Le carter à sortie radiale continue souffle efficacement l'air lorsqu'aucun raccord de gaine en aval n'est requis, tandis que le carter spiralé produit l'écoulement d'air à haute vitesse. Cette air se comprime et se dirige uni-directionnellement vers un réseau de gaines.

2.3.2.2. Les ventilateurs hélicoïdaux

Les ventilateurs hélicoïdes sont constitués d'une roue (hélice) et de son dispositif d'entraînement le plus souvent complété par une enveloppe annulaire.

Dans ces ventilateurs, l'air est aspiré et propulsé parallèlement à l'axe de rotation du ventilateur. Ils peuvent mettre en jeu des débits très importants, mais sont limités à des pressions faibles. Ils sont donc intéressants lorsqu'il convient d'assurer un débit d'air sous de faibles pertes de charge. On les retrouve sur les condenseurs à air, sur les évaporateurs des chambres froides commerciales, pour la ventilation générale d'ateliers, etc.

En général, par rapport aux ventilateurs centrifuges, les ventilateurs hélicoïdes sont plus bruyants, ont des rendements plus faibles, mais sont moins encombrants et moins chers [3].

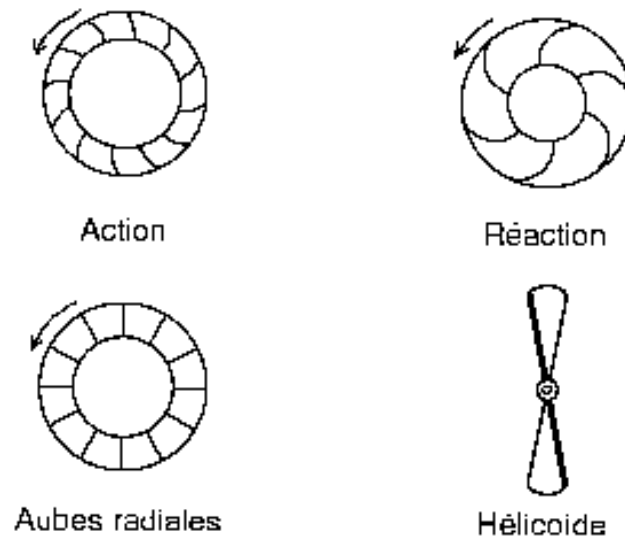






Figure 2.3. La forme des aubes

Tableau 2.1. Les types de ventilateurs [2]

Ventilateur	Intérêts	Photos
Centrifuge à aubes inclinées vers l'avant	<ul style="list-style-type: none"> - Roue dite « en cage d'écureuil » - Nb d'aubes entre 32 et 42 unités - Rendement de l'ordre de 60 à 75% 	
Centrifuge à aubes inclinées vers l'arrière	<ul style="list-style-type: none"> - Rendement de 75 à 85% - Nb d'aubes entre 6 à 16 unités 	
A pales radiales	<ul style="list-style-type: none"> - Peu utilisé dans les installations de conditionnement d'air - Utilisé dans l'industrie pour le transport de produits légers (copeaux, produits textiles, poussières) 	

Hélicoïde	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilateur dit « axial » - Direction d'écoulement essentiellement axiale - Nb d'aubes entre 2 et 60 unités - Rendement de 40 à 90% 	
-----------	--	---

Centrifuges et Hélicoïdes sont les deux principaux types de ventilateurs utilisés en génie climatique.

Les composants de base du ventilateur consistent en une roue et un carter pour diriger le débit d'air. Les principes de base du fonctionnement des ventilateurs sont traités sous les deux rubriques principales ventilateurs centrifuges et ventilateurs axiaux.

Dans les ventilateurs axiaux, l'air est propulsé par la variation de la vitesse de l'air se déplaçant sur les pales de la roue. Aucune énergie n'est ajoutée à l'air par les forces centrifuges.

L'air est un gaz compressible. Même si la densité d'un gaz augmente en fonction d'une hausse de pression ou d'une diminution de température, l'air est considéré comme non compressible et à densité constante dans le présent module pour faciliter les calculs : les résultats seront suffisamment précis pour fins d'évaluation. Cependant, lorsque la précision des calculs est nécessaire pour les écoulements d'air à haute ou basse température, il faudra tenir compte de l'effet de la température sur la densité de l'air. L'effet de la densité de l'air sur le rendement d'un ventilateur est décrit dans la publication 201 de l'Air Movement and Control Association (AMCA) et dans l'Equipment Handbook de l'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) [1].

Dans le cas d'un ventilateur centrifuge, l'aspiration de l'air se fait axialement et le refoulement radialement. Pour un ventilateur axial, l'air est véhiculé parallèlement à l'axe de la roue.

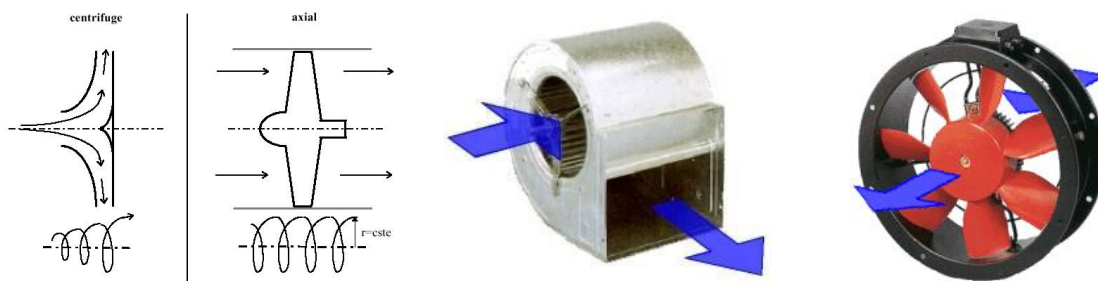


Figure 2.4. Sens général de l'écoulement de l'air [3].

Les ventilateurs peuvent être utilisés pour tous les fluides compressibles, ils sont utilisés dans un grand nombre de domaines d'application :

- Ventilation (tunnel, parking, souterrains, locaux industriels)
- Désenfumage
- Refroidissement
- Séchage
- Soufflerie
- Assainissement de l'air
- Climatisation
- Production de froid.

Avantages :

- ✓ Refroidissement rapide.
- ✓ Facile à transport.
- ✓ Permet de refroidir.
- ✓ Large plage de débit.
- ✓ Facilité de réglage du débit.
- ✓ Rendement élevé ($\eta > 85\%$ avec redresseur).

Inconvénients :

- Modelé puissance très bruyante.
- Généralement équipé de peu de fonctions.
- Pression moindre que les centrifuges à réaction.
- Performances sensibles aux conditions d'alimentation aéraulique.
- Risque plus élevé de pompage.
- Niveau de bruit plus élevé que les centrifuges en moyennes fréquences.

2.4. Etude du ventilateur axial**2.4.1. Classification des ventilateurs à flux axial****2.4.1.1. Ventilateurs à hélice**

Le premier type de ventilateur à flux axial largement utilisé dans les applications industrielles est le ventilateur à hélice ou parfois appelé ventilateur à panneau. Ces ventilateurs ont une faible montée en pression et des capacités de débit élevé. Ils sont généralement utilisés pour évacuer l'air d'une pièce ou d'une usine. Le rapport moyeu-pointe de ces ventilateurs est généralement inférieur à 0,3 et leur coût de production est faible.

Les ventilateurs à hélice sont généralement montés sur les murs ou les fenêtres des bâtiments. Ils peuvent être utilisés avec d'autres ventilateurs à hélice sur le même mur et fonctionner en parallèle pour obtenir un débit plus élevé. Les ventilateurs à hélice ont deux types d'arrangements d'entraînement, à savoir un entraînement par courroie ou un entraînement direct. Dans la

configuration à entraînement direct, le moteur électrique est monté directement sur le rotor du ventilateur.

Le coût de production est inférieur à celui d'un agencement à entraînement par courroie car une courroie et des poulies ne sont pas utilisées. De plus, l'agencement à entraînement direct est plus efficace que l'entraînement par courroie car aucune perte n'est due au frottement et à la transmission [4].



Figure 2.5. Ventilateur à hélice en disposition à entraînement direct [5].

Dans un agencement à entraînement par courroie, le mouvement de rotation du moteur électrique est transmis à l'aide d'une courroie et de poulies. Étant donné que le rapport de réduction de la poulie peut être ajusté, la plage de vitesse de rotation de l'agencement à entraînement par courroie est plus complète que celle de l'agencement à entraînement direct.

Cette fonction de contrôle de la vitesse permet l'utilisation d'arrangements d'entraînement par courroie dans les applications de ventilateurs à hélice de plus grande taille.



Figure 2.6. Ventilateur à hélice en configuration à entraînement par courroie [6]

2.4.1.2. Ventilateurs Tube-Axiaux

Les ventilateurs axiaux à tube sont similaires aux ventilateurs à hélice ; cependant, ils ont des propriétés physiques qui leur sont propres. Ces ventilateurs ont des carters cylindriques jusqu'à un diamètre de long et leur plage de rapport moyeu pointe est généralement comprise entre 0,3 et 0,5. Le moteur électrique peut tourner plus vite que le moteur utilisé dans les ventilateurs à hélice et, par conséquent, les ventilateurs axiaux à tube peuvent produire une augmentation de pression plus élevée.

Les méthodes d'entraînement sont similaires aux ventilateurs à hélice et le moteur électrique peut être monté sur le rotor à l'aide d'une courroie ou directement.



Figure 2.7. Ventilateur tube-axial en disposition à entraînement direct [7]

Il existe deux manières de monter les ventilateurs axiaux tubulaires : Ils peuvent être montés à la fois à l'entrée et à la sortie de la zone d'application. Cela signifie qu'ils peuvent être utilisés

comme source d'air ou comme échappement. Étant donné que les ventilateurs axiaux à tube n'ont pas d'aubes directrices, l'air quitte l'hélice en rotation. Dans ce cas, la longueur de sortie joue un rôle essentiel dans la détermination de la perte de charge générée par le filage. En d'autres termes, une longueur de sortie plus longue entraîne une perte de pression plus élevée pour les ventilateurs axiaux du tube. Ainsi, la meilleure façon de monter des ventilateurs axiaux à tubes est de les monter du côté de l'hélice en tant que ventilateur de source d'air et de les monter du côté de la sortie en tant que ventilateur d'extraction.

2.4.1.3. Ventilateurs à aubes axiales

Dans les ventilateurs axiaux à aubes, il y a des aubes directrices situées à l'intérieur du boîtier cylindrique du ventilateur. La longueur du logement cylindrique est généralement d'un diamètre de long. Selon le type d'application, des aubes directrices peuvent être utilisées avant ou/et après l'hélice. Le but d'utiliser des aubes directrices avant l'hélice est d'ajuster l'angle d'entrée du flux entrant tout en utilisant des aubes directrices après que l'hélice empêche la rotation de l'air à la sortie du ventilateur.

Comme mentionné dans le ventilateur tube-axial, la rotation de l'air détermine le mode de montage du ventilateur. Ce n'est pas le cas dans les ventilateurs axiaux à aubes, où la rotation de l'air est empêchée à grande échelle et la perte de pression due à la rotation est éliminée. En conséquence, une augmentation élevée de la pression statique est obtenue.

Les ventilateurs axiaux à aubes ont un rapport moyeu-pointe plus élevé que les types de ventilateurs précédents. Leur plage de rapport moyeu-pointe est généralement comprise entre 0,5 et 0,8. Les ventilateurs axiaux à palettes peuvent également être entraînés par un moteur électrique à l'aide d'une courroie ou directement [4].



Figure 2.8. Ventilateur axial à aubes en disposition à entraînement direct [8].

2.4.1.4. Ventilateurs à flux axial à deux étages

Dans les ventilateurs à flux axial à deux étages, il y a deux hélices qui peuvent être tournées dans le même sens ou dans le sens inverse. Ils sont utilisés dans les applications dans lesquelles

une augmentation de pression statique plus élevée est nécessaire afin de transférer l'air dans la zone cible.

Les sens de rotation sont déterminés en fonction de la présence d'aubes directrices. Les aubes directrices utilisées entre les hélices ajustent l'angle d'entrée du flux entrant du premier étage au deuxième étage, et les hélices peuvent tourner dans le même sens. S'il n'y a pas d'aubes directrices entre les hélices, elles doivent tourner dans le sens inverse pour obtenir un angle d'entrée correct du premier étage au deuxième étage.

La configuration sans aubes directrices est illustrée dans figure 2.9. Deux moteurs électriques identiques doivent être utilisés pour obtenir le même mouvement de rotation, ce qui augmente le coût de production [4].

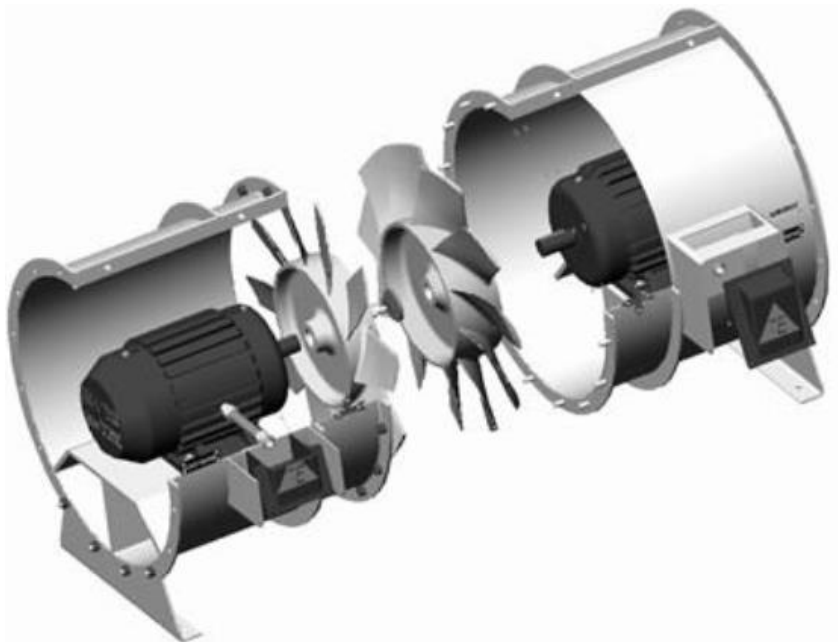


Figure 2.9. Ventilateur à flux axial à deux étages sans aubes directrices [9].

2.4.2. Caractéristiques du ventilateur

Les caractéristiques essentielles définissant un ventilateur sont :

- La vitesse de rotation de la roue.
- Le débit d'air.
- La hauteur manométrique ou la pression totale.
- Le rendement global.
- La puissance absorbée.

2.4.3. Triangle de vitesse (machine axiale)

Le triangle de vitesse est élément essentielle dans l'étude d'une turbomachine. Il nous permet de déterminer tous les paramètres cinétiques à l'entrée et à la sorte de la roue. La vitesse du fluide

à l'entrée de l'ailette mobile se décompose en une composante relative W_1 et une composante de rotation U . La vitesse périphérique U reste constante tout au long du trajet car :

$$U = \omega R \quad (\omega: \text{cnst et } R: \text{cnst}).$$

La vitesse relative est tangente à l'ailette à l'entrée. À la sortie de l'ailette la vitesse absolue C_2 aura une composante de rotation U et une vitesse relative W_2 [10].

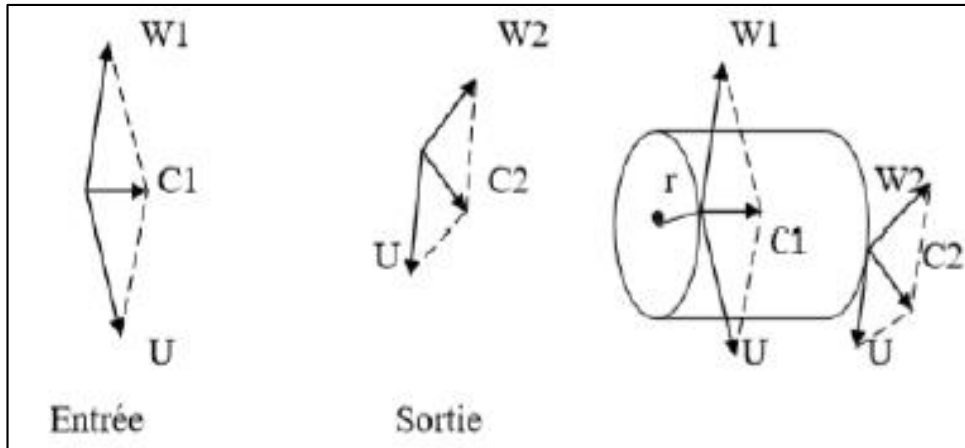


Figure 2.10. Triangle des vitesses pour les machines axiales.

Une particule de fluide aborde la pale en 1 à la vitesse C_1 vitesse absolue.

C_1 Est la somme vectorielle de U et de W_1 . En 1 la pale doit être dirigée suivant la vitesse relative W_1 .

Au point 2, à la partie du canal la vitesse d'entraînement est toujours U .

$W_2 \neq W_1$ Donc $C_2 \neq C_1$.

Un observateur lié au rotor verra une particule de fluide se déplacer entre les pales à une vitesse variant de W_1 à W_2 .

2.4.4. Performances globales et point de fonctionnement

Intégré à un circuit aéraulique, le ventilateur s'adapte à ce dernier pour une vitesse donnée. Il est donc indispensable de connaître d'abord la caractéristique du circuit en déterminant la courbe de perte de charge en fonction du débit. Le ventilateur est alors choisi ou conçu de sorte que d'une part, la courbe caractéristique du ventilateur intersecte celle de la perte de charge du circuit au débit souhaité et que d'autre part, le maximum du rendement soit également atteint à ce débit. La figure.12 illustre ces propos. On appelle débit nominal celui pour lequel le rendement est maximal. On retiendra de cette figure que les trois paramètres globaux définissant le point de fonctionnement d'un ventilateur sont le débit Q l'élévation de pression à ce débit ΔP et la vitesse de rotation N pour un fluide de masse volumique ρ . Le concepteur cherchera donc à obtenir le meilleur rendement pour ce point de fonctionnement [11].

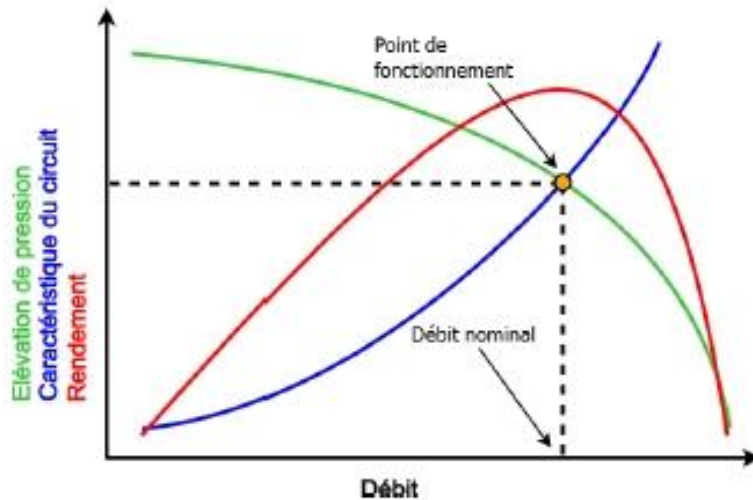


Figure 2.11. Point de fonctionnement d'une turbomachine

2.4.5. Méthodes de conception des pales de ventilateur à flux axial

L'interaction entre les pales du ventilateur est un état critique qui affecte la conception du ventilateur. Les coefficients de portance et de traînée obtenus à partir d'une pale sur la roue peuvent être affectés par la pale voisine en fonction de la distance qui les sépare. C'est ce qu'on appelle la distance de tangage [4].

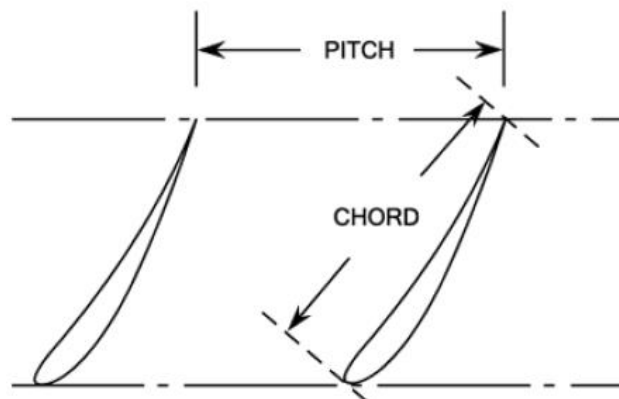


Figure 2.12. La distance de pas entre les pales du ventilateur.

Il y a une relation entre l'accord c et le terrain s des lames et cela s'appelle la solidité des lames. Il est utilisé pour spécifier si les lames s'affectent ou non. Il peut être exprimé comme :

$$Solidity = \sigma = \frac{c}{s} \quad (2.1)$$

Il existe deux approches dans la conception d'une pale de ventilateur à flux axial. Il s'agit de l'approche à profil isolé et de l'approche en cascade. La décision de l'approche utilisée dans la conception des pales de ventilateur à flux axial peut être déterminée en calculant la solidité des pales.

- Approche de profil aérodynamique isolé :

Un volume de contrôle, qui est donné en Illustration 2.13, est créé autour d'un seul profil aérodynamique dans l'approche de profil aérodynamique isolé. Lorsque le champ d'écoulement est appliqué à ce volume de contrôle, la voilure sera sous l'influence de certaines forces, qui sont la force visqueuse et la force de répartition de la pression [4].

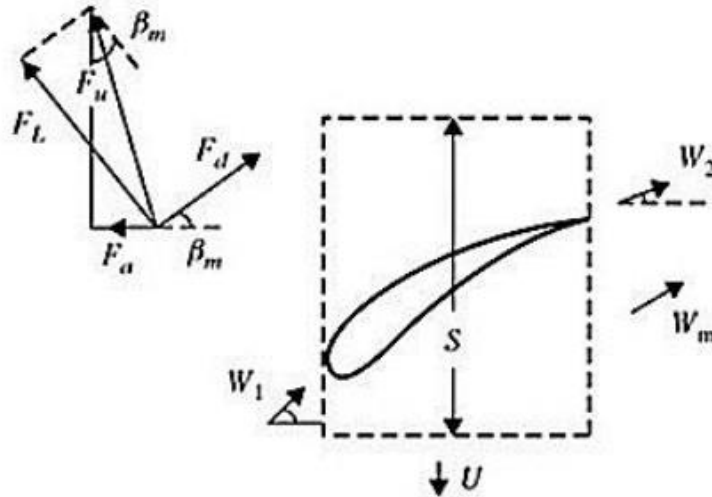


Figure 2.13. Forces agissant sur un profil aérodynamique isolé.

Comme représenté sur l'illustration 2.13, la force F_d , qui est parallèle à la direction de la vitesse moyenne relative W_m , est appelée force de traînée et la force F_L , normale à la force de traînée, est appelée force de portance. La distance de pas d'une roue est calculée comme :

$$S = \frac{2\pi r_m}{Z_b} \quad (2.2)$$

Où r_m est le rayon moyen de l'éventail et Z_b est le nombre de pales. Le rayon moyen peut être calculé à l'aide du rayon de la pointe r_t , et le rayon du moyeu r_h du ventilateur.

$$r_m = \sqrt{\frac{1}{2}(r_t^2 + r_h^2)} \quad (2.3)$$

2.4.6. Procédure de conception préliminaire

Au début du processus de conception, certains paramètres d'entrée sont nécessaires pour démarrer la conception du ventilateur à flux axial. Ce sont les débits volumétriques (Q), la différence de pression totale (Δp) et la vitesse de rotation de la roue (ω). Le débit volumétrique et la différence de pression totale peuvent être déterminés en fonction des besoins de l'application.

En fait, ces paramètres d'entrée sont l'objectif du concepteur du ventilateur. À la fin de la conception, le ventilateur doit pouvoir donner ce débit à cette différence de pression totale.

En dehors de ceux-ci, la vitesse de rotation de la roue est l'autre paramètre d'entrée important de la conception du ventilateur. Elle est directement liée à la vitesse de rotation du moteur. Il convient de considérer qu'il existe une limite à la vitesse de rotation du moteur dans la conception incompressible. Il est connu que les ventilateurs à flux axial sont considérés comme fonctionnant

dans la plage incompressible. Il y a un autre fait bien connu que l'air commence à devenir compressible après une certaine vitesse et pression. Si la vitesse du flux d'air dépasse 0,3 nombre de Mach, la plage compressible démarre. La vitesse la plus élevée obtenue dans le ventilateur à flux axial est la vitesse tangentielle à l'extrémité de la roue. Les principaux paramètres qui déterminent la valeur de la vitesse tangentielle sont la vitesse de rotation du moteur électrique et le diamètre du ventilateur, et donc, Pour calculer le diamètre du ventilateur, le diagramme empirique de Cordier est utilisé.

2.4.6.1. Diagramme de Cordier

La première chose à laquelle on pense au début de la conception des ventilateurs est l'efficacité, et elle est directement liée aux propriétés physiques des ventilateurs. Même la qualité de la conception dépend de l'expérience du concepteur du ventilateur, les propriétés physiques du ventilateur doivent être contrôlées et calculées à l'aide d'un diagramme empirique appelé diagramme de Cordier, que le type de ventilateur soit dans la limite de conception ou non. Le diagramme de Cordier est illustré dans figure 2.14 [4].

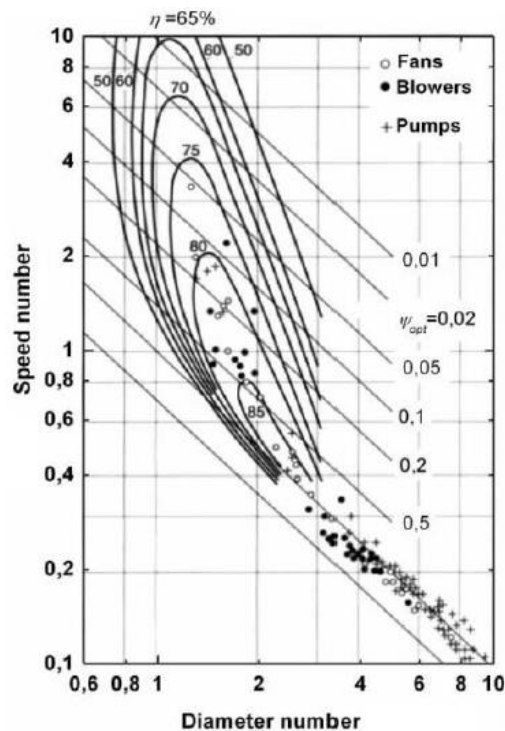


Figure 2.14. Diagramme de Cordier [12]

Afin de concevoir une turbomachine efficace, Otto Cordier avait établi une relation entre les paramètres de conception au point de fonctionnement et la taille des turbomachines en utilisant deux nombres sans dimension. Il s'agit du numéro de vitesse (vitesse spécifique) et du numéro de diamètre (diamètre spécifique). Ils peuvent être définis comme respectivement

$$\omega_s = \frac{\omega \sqrt{Q}}{\left(\frac{\Delta p}{\rho}\right)^{3/4}} \quad (2.4)$$

$$\Delta_s = \frac{D \left(\frac{\Delta p}{\rho}\right)^{1/4}}{\sqrt{Q}} \quad (2.5)$$

Le diagramme de Cordier pour les ventilateurs peut être vu dans Figure 2.15.

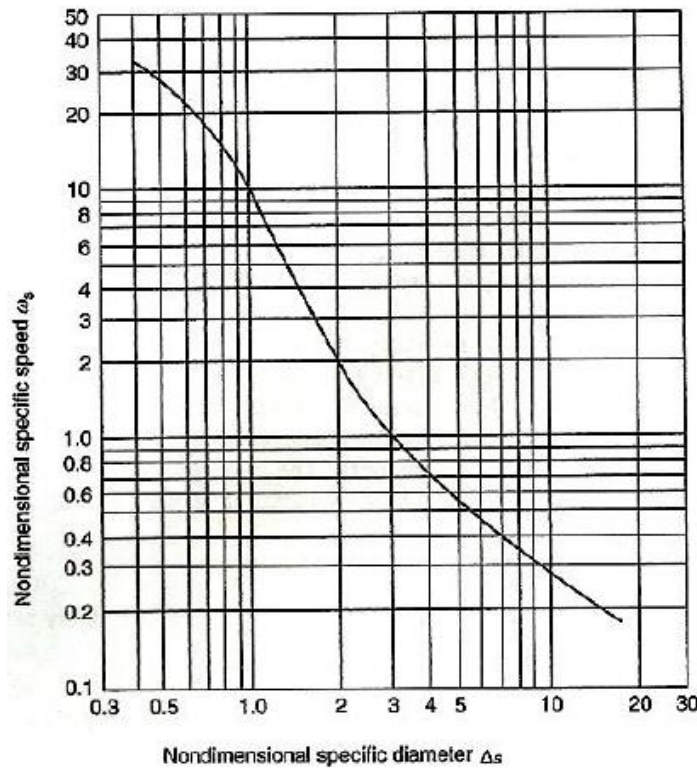


Figure 2.15. Diagramme de Cordier pour les ventilateurs.

On sait que les turbomachines peuvent être classées selon leur type de roue à aubes en axiale, mixte (diagonale) et radiale, et toutes fonctionnent dans différentes plages de débit volumétrique et de différence de pression totale. Les types d'impulseurs sont classés sur le Diagramme de Cordier et il est donné dans figure 2.16.

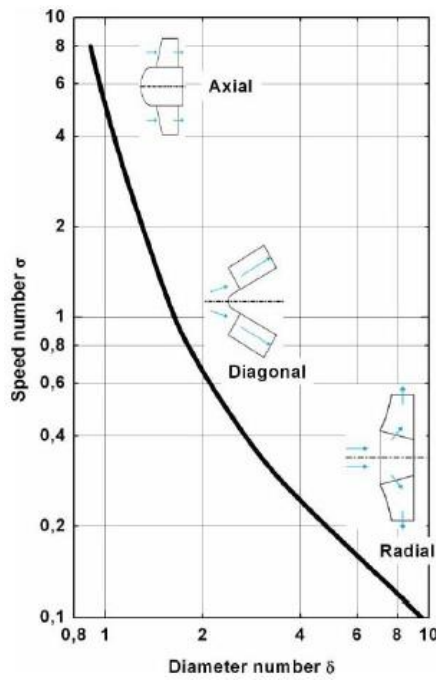


Figure 2.16. Classification des types d'impulseurs sur le diagramme de Cordier.

2.4.6.2. Diamètre du moyeu et nombre de pales

Après la détermination du diamètre du ventilateur et le contrôle du type de roue, le sujet suivant est le calcul du diamètre du moyeu. Comme expliqué dans le chapitre précédent, les types de ventilateurs axiaux peuvent être classés en fonction de leur rapport moyeu-pointe.

La plage de rapport moyeu-pointe des ventilateurs à flux axial de type hélice est inférieure à 0,3, le ventilateur axial à tube est compris entre 0,3 et 0,5 et le ventilateur axial à aubes est compris entre 0,5 et 0,8.

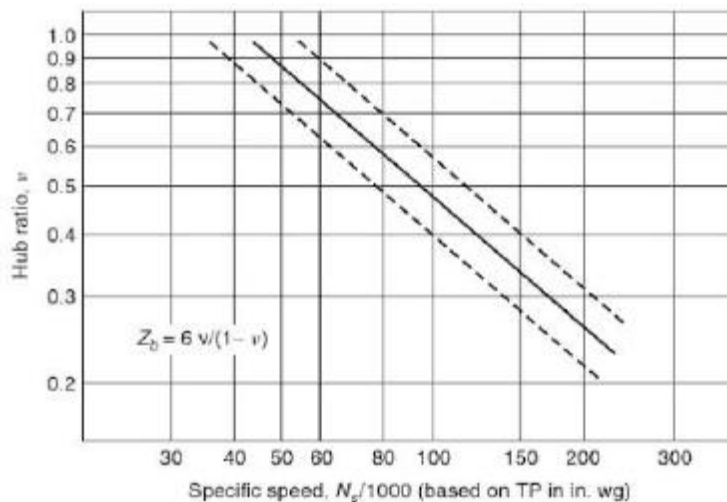


Figure 2.17. La plage de rapport moyeu-pointe optimale pour les ventilateurs à flux axial.

Figure 2.17, montre la plage de rapport moyeu-pointe optimale pour les ventilateurs à flux axial. ν Présente le rapport moyeu-pointe et il peut être calculé comme :

$$v = \frac{D_h}{D_t} \quad (2.6)$$

Où D_t est le diamètre de la pointe et D_h est le diamètre du moyeu.

Il existe une relation entre le rapport de moyeu, et le nombre de lames, et il est donné comme :

$$Z_b = \frac{6v}{1-v} \quad (2.7)$$

L'augmentation du rapport moyeu-pointe entraîne une augmentation du nombre de pales. Selon *Eleftherios*, le nombre de pales affecte l'efficacité et le niveau de bruit. L'augmentation du nombre de pales entraîne une diminution de l'efficacité et une augmentation du niveau de bruit.

2.4.6.3. Les aubes directrices

L'air quitte le ventilateur en tournant, et la tâche principale des aubes directrices est d'éliminer la rotation de l'air. Les aubes directrices peuvent être utilisées avant ou après la roue à des fins différentes.

Les aubes directrices situées côté entrée du ventilateur ajustent l'angle du flux entrant vers la roue et le flux quitte la roue dans la direction axiale. La forme des aubes directrices d'entrée est également trop précieuse. Étant donné que les erreurs dans la conception des aubes directrices entraînent une rotation dans le flux de sortie. En cas d'écoulement turbulent du côté entrée du ventilateur, les aubes directrices d'entrée fonctionnent mieux que les aubes directrices de sortie mais le niveau de bruit augmente lorsque le niveau de turbulence est réduit. De plus, les aubes directrices d'entrée accélèrent la vitesse d'écoulement du fluide.

Les aubes directrices de sortie ont une fonction supplémentaire en plus de régler l'angle de l'air sortant. Ils produisent un certain rapport de montée en pression statique du ventilateur axial tandis que la vitesse d'écoulement du fluide diminue à cause d'eux. Selon *Bleier*, la forme des aubes directrices de sortie n'est pas aussi critique que la forme de la roue rotative. On peut supposer que la vitesse de l'écoulement du fluide qui passe par les aubes directrices de sortie fixes ne change pas autant que celle qui passe par la roue rotative [4].

Le nombre d'aubes directrices peut être sélectionné en fonction du nombre d'aubes utilisées dans la roue. Puisqu'il peut y avoir un problème de vibration dans les aubes à cause de la résonance lorsque le nombre d'aubes et d'aubes directrices est égal. Il peut être exprimé comme :

$$frequency_{blades} = Z_{blades} \frac{n}{60} \quad (2.8)$$

$$frequency_{guide\ vane} = Z_{guide\ vane} \frac{n}{60} \quad (2.9)$$

Où n est la vitesse de rotation de la roue, Z_{blades} est le nombre de pales et $Z_{guide\ vane}$ est le nombre d'aubes directrices.



Figure 2.18. La configuration des aubes directrices de sortie [13]

Si le nombre d'aubes directrices est sélectionné comme nombre pair, le problème de résonance est évité. Il existe des études empiriques sur la taille et le nombre d'aubes directrices, mais il n'y a pas de formule exacte sur le calcul du nombre d'aubes directrices.

2.4.6.4. Coefficients de hauteur et de débit

Les coefficients de hauteur et de débit sont les paramètres sans dimension du champ du ventilateur. Ces paramètres permettent de comparer un ventilateur aux autres ventilateurs sans comparer leurs montées en pression totales et leurs débits volumétriques. Ils offrent une commodité dans la comparaison car ils sont des paramètres universels et calculent de la même manière pour tous les ventilateurs. Le coefficient de charge, parfois appelé coefficient de pression ou coefficient de travail, peut être calculé pour un écoulement incompressible comme :

$$\psi = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho V_a^2} \quad (2.10)$$

Le coefficient de débit est lié à la vitesse axiale V_a , et la vitesse tangentielle U . Il peut être obtenu comme :

$$\phi = \frac{V_a}{U} \quad (2.11)$$

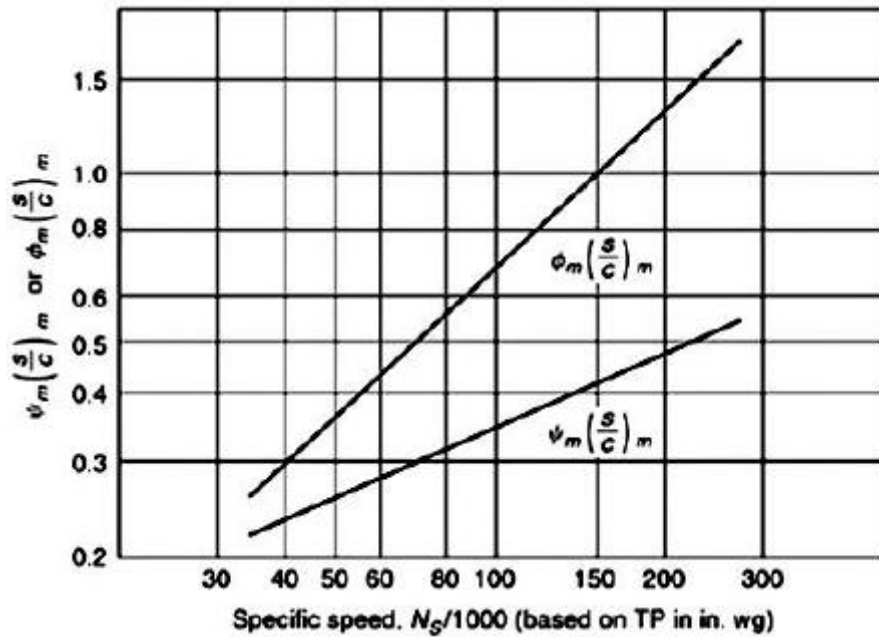


Figure 2.19. Vitesse spécifique vs débit et coefficients de hauteur.

Figure 2.19, montre les relations entre la vitesse spécifique en fonction du débit et des coefficients de hauteur. La longueur de corde de la pale peut être calculée en utilisant le coefficient de débit ou de hauteur [4].

2.5. Conclusion

Ce chapitre a été consacré pour donner une étude globale sur les ventilateurs et en donne des informations sur les ventilateurs axiaux, ces types et les caractéristiques des ventilateurs et la méthode de conception des pales.

Références

- [1] Ventilateurs et pompes, Canada 580, rue Booth Ottawa (Ontario): SÉRIE DE LA GESTIO DE L'ÉNERGIE À L'INTENTION DES INDUSTRIES,.
- [2] «LES VENTILATEURS EN GENIE CLIMATIQUE,» Sciences et Technologies de l'industrie et du développement durable.
- [3] L. SANE, «LES VENTILATEURS».
- [4] H. Ö. KEKLİKOĞLU, «DESIGN, CONSTRUCTION AND PERFORMANCE EVALUATION OF AXIAL FLOW FANS,» 2019.
- [5] «allaroundindustriessupply,» [En ligne]. Available: <https://allaroundindustriessupply.com/product/ewb60-wall-fan-extruded-aluminum-propeller-belt-drive/>.
- [6] «m indiamart,» [En ligne]. Available: <https://m.indiamart.com/proddetail/propeller-exhaust-fan-11629131062.html>.
- [7] «Teral-Aerotech Fans Pvt.Ltd.,» [En ligne]. Available: <https://www.aerotechblowers.com/axial-blower.html>.
- [8] «ABC Ventilation systems,» [En ligne]. Available: <https://abcventilation.com/ventilation-fans/>.
- [9] «Design and operational aspects in the use of booster, circuit and auxiliary fan systems,» *Conference: 11th US mine ventilation symposium, 2006.*
- [10] R. OUAFI et . A. KRIBECHE, «Acquisition et supervision des caractéristiques d'un ventilateur axial pour un banc d'essai,» Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi -Bordj Bou Arréridj-, Bordj Bou Arréridj, 2021.
- [11] H. NOURI, «Étude expérimentale de l'écoulement et de l'interaction,» Paris, 2012.
- [12] C. Stefano, «Aerodynamic Design of low-speed Axial-Flow Fans: A Historical Overview,» 2018.
- [13] «Archi EXPO by ventualexpo group,» [En ligne]. Available: <https://www.archiexpo.fr/prod/systemair/>.

Chapitre 3

Modèle mathématique et Résolution numériques

Sommaire

3.1.	Introduction.....	36
3.2.	Equations de Navier-Stokes.....	36
3.2.1.	Équation de conservation de la masse.....	36
3.2.2.	Equation de conservation de quantité de mouvement.....	37
3.3.	Théorème de Bernoulli.....	37
3.4.	Relation d'EULER pour les machines axiales.....	37
3.5.	La pression statique et la pression d'arrêt.....	39
3.6.	Travail d'un ventilateur.....	39
3.7.	Rendement du ventilateur.....	39
3.8.	Puissances d'un ventilateur.....	39
3.9.	Modèle de turbulence.....	40
3.9.1.	Modèle standard $k - \epsilon$	40
3.9.2.	Le modèle standard $k - \omega$	40
3.10.	Résolution numérique.....	41
3.10.1.	Principe de la méthode des volumes finis.....	41
3.10.1.1.	Maillage.....	41
3.10.2.	Discretisation des équations gouvernantes.....	42
3.11.	Les différents types de maillage.....	43
3.11.1.	Maillage structuré (quadra/hexa).....	44
3.11.2.	Maillage non structuré (tri/tétra).....	44
3.11.3.	Maillage hybride.....	44
3.12.	Description de logiciel ANSYS (ICEM CFD/CFX).....	45
3.12.1.	Première partie : Géométrie et Maillage.....	45
	Le logiciel ANSYS ICEM CFD.....	45
	b) Etape 02 : Génération du maillage :.....	46

Le logiciel ANSYS CFX.....	47
a) Etape 01 : Pré-Processing	47
Materials (air).....	48
Les conditions initiales et conditions aux limites au code CFX-pre	49
Les conditions à l'entrée.....	49
Les conditions à sortie.....	50
b) Etape 02: SOLVER CFX.....	50
3.13. Conclusion	52
Références	53

3.1. Introduction

Les équations régissant le phénomène étudié sont des équations aux dérivées partielles (EDP) non-linéaires, dont la résolution analytique ne peut être possible au moyen des outils d'analyse mathématique contemporain. Mais, une solution numérique peut être possible en transformant ces équations différentielles en systèmes d'équations algébriques linéaires par une méthode de discrétisation avant de résoudre ce système par des méthodes directes ou par itérations.

Chaque méthode de résolution numérique d'un problème continu comporte une phase de maillage et une phase de discrétisation. La phase de maillage consiste à diviser le domaine d'étude en de petits volumes appelés volumes de contrôle. La phase de discrétisation transforme le problème continu en un problème discret. Les équations ainsi que les conditions aux limites sont approchées par des équations et conditions discrètes.

Pour notre présente étude, nous avons choisi la méthode des volumes finis pour discrétiser les équations du modèle mathématique.

3.2. Equations de Navier-Stokes

Chaque écoulement est décrit par le champ d'écoulement (composantes de la vitesse), le champ thermique, la distribution de pression et les propriétés locales de fluide. Ces variables sont gouvernées par les lois fondamentales de conservation de la masse, de quantité de mouvement et d'énergie. La solution de cet ensemble des équations gouvernantes dépend des valeurs de plusieurs groupes adimensionnels. Parmi ces groupes nous distinguons les nombres : Prandtl, Reynolds et d'autres nombres adimensionnels figurés par plusieurs propriétés physiques dépend de la température.

L'importance simultanée des valeurs des nombres adimensionnels dépend des conditions thermiques et des facteurs géométriques [1].

L'objectif de ce chapitre consiste en premier lieu à donner des équations gouvernantes des cas traités dans cette mémoire.

3.2.1. Équation de conservation de la masse

En mécanique des fluides, le principe de conservation de la masse peut être décrit par l'équation de continuité sous plusieurs formes différentes : locale ou intégrale.

Forme locale : cette écriture est la plus générale et la plus répandue

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (3.1)$$

Avec :

ρ : la masse volumique du fluide [kg/m^3].

u_j : Les composantes de la vectrice vitesse.

3.2.2. Equation de conservation de quantité de mouvement

L'équation de conservation de la quantité de mouvement s'écrit sous la forme :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_j} [u_j(\rho E + P)] = \frac{\partial}{\partial x_j} (-P\delta_{ij} + \tau_{ij}) \quad (3.2)$$

Avec :

E : L'énergie totale par unité de masse.

δ_{ij} : Le tenseur de Kronecker.

τ_{ij} : Le tenseur des contraintes visqueuses.

3.3. Théorème de Bernoulli

L'équation de Bernoulli peut être considérée comme un énoncé de la conservation de principe d'énergie appropriée pour les fluides qui s'écoulent. Le qualitatif comportement qui est généralement étiqueté avec le terme "effet Bernoulli" est l'abaissement de la pression du fluide dans les régions où la vitesse d'écoulement est augmentée. Cet abaissement de la pression dans une construction d'un chemin d'écoulement peut sembler contre-intuitif, mais cela semble moins le cas lorsque vous considérez la pression comme une densité d'énergie.

Dans le flux à grande vitesse à travers la construction, l'énergie cinétique doit augmenter au détriment de l'énergie de pression [2].

- L'équation de Bernoulli indique que :

$$P + \frac{1}{2}\rho.V^2 + \rho.g.h = constant \quad (3.1)$$

P : La pression [Pa].

ρ : Densité de l'air [Kg/m³].

V : Vitesse de l'air [m/s].

h : Élévation [m].

g : La gravitation accélération [N/m].

Où :

- ✓ Le liquide a une densité constante.
- ✓ Le flux est régulier.
- ✓ Il n'y a pas de frottement.

3.4. Relation d'EULER pour les machines axiales

On peut déterminer le travail entre 1 et 2 :

$$W_1 = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + (C_2^2 - C_1^2) \quad (3.2)$$

L'observateur tournant avec le rotor considère un canal immobile et l'écoulement pour lui se fait de la vitesse W_1 et W_2 .

On peut écrire la relation de BERNOULI

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + (W_2^2 - W_1^2) = 0 \quad (3.3)$$

Où :

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = (W_1^2 - W_2^2) \quad (3.4)$$

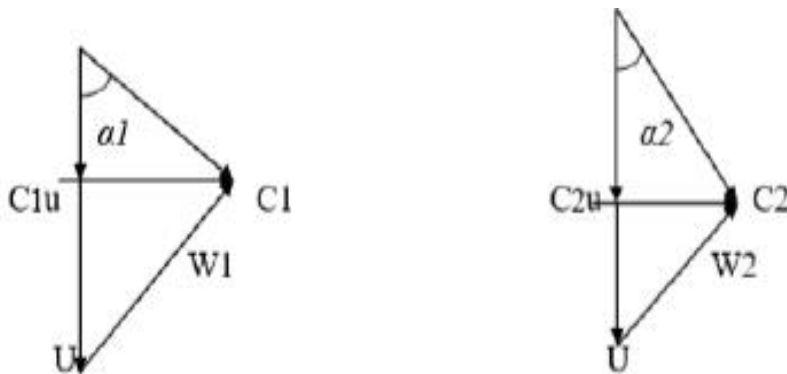
Et :

$$P_2 - P_1 = \rho (W_1^2 - W_2^2) \quad (3.5)$$

L'expression du travail devient :

$$W_{12} = \frac{1}{2} (W_1^2 - W_2^2) + \frac{1}{2} (C_2^2 - C_1^2) \quad (3.6)$$

Si nous considérons les triangles des vitesses on peut trouver une autre expression du travail. Ce travail peut être calculé uniquement en fonction des éléments des triangles de vitesse.



$$W_1^2 = U^2 + C_1^2 - 2UC_1 \cos \alpha_1 \quad W_2^2 = U^2 + C_2^2 - 2UC_2 \cos \alpha_2 \quad (3.7)$$

On remplace :

$$C_1 \cos \alpha_1 = C_1 U \quad C_2 \cos \alpha_2 = C_2 U \quad (3.8)$$

On obtient :

$$W_1^2 - W_2^2 = (C_1^2 - C_2^2) + 2U(UC_2 - UC_1) \quad (3.9)$$

Et finalement :

$$W_{12} = U(UC_2 - UC_1) \quad (3.10)$$

C'est l'équation d'Euler appliquée aux machines axiales.

3.5. La pression statique et la pression d'arrêt

La pression produite par un ventilateur est appelée la pression totale, elle est la somme de deux pressions distinctes : statique et dynamique.

$$\Delta P_0 = \Delta P_s + \Delta P_d \quad (3.11)$$

P_s : Pression statique. Ceci correspond aux frottements que l'air doit vaincre pour s'écouler dans le circuit aéraulique.

P_d : Pression dynamique. Pour simplifier, c'est la surpression nécessaire pour générer la vitesse de l'air dans le circuit aéraulique.

$$P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (3.12)$$

ρ : Masse volumique du fluide en [kg/m³].

v : vitesse de refoulement du ventilateur [m/s].

3.6. Travail d'un ventilateur

C'est le travail fournit à l'unité de masse compte-tenu des simplifications que l'on peut faire en négligeant les variations de la masse volumique et en négligeant également la différence d'altitude [2]

On obtient :

$$W_{12} = V(P_2 - P_1) + \frac{1}{2}(C_2^2 - C_1^2) \quad (3.13)$$

En pratique, cette expression se simplifie encore et l'on a :

$$W_{12} = V(P_s - P_a) + \frac{1}{2}C_s^2 \quad (3.14)$$

P_s : Pression de la sortie [N/m²].

P_a : Pression atmosphérique [N/m²].

V : Volume massique [m³/kg].

C_s : Vitesse de l'air à la sortie [m/s].

3.7. Rendement du ventilateur

Le rendement d'un ventilateur est défini par :

$$\eta_v = 1 - \frac{\Delta p}{\Delta p_{réelle}} \quad (3.15)$$

3.8. Puissances d'un ventilateur

Une puissance utile nécessaire pour faire tourner la roue :

Où :

$$P_v = W \times Q \quad (3.16)$$

Q : Désigne le débit volumétrique [m^3/s].

W : Travail [J/Kg].

P_v : Puissance totale absorbée par le ventilateur, on tiendra compte du rendement global du ventilateur [Watt].

3.9. Modèle de turbulence

L'hypothèse de *Boussinesq* permet de simplifier la modélisation de la turbulence, en la réduisant à la recherche d'une expression pour la viscosité turbulente μ_t et fermer ainsi le système d'équation moyennes de Reynolds ; la viscosité turbulente peut être déterminée à partir d'une relation algébrique d'une ou de plusieurs équations de transport.

Au cours de cette étude, deux modèles à deux équations de transport à savoir : $k - \varepsilon$ et $k - \omega$ de menter avec la correction SST (Shear-Stress-Transport) sont utilisés.

Ces modèles sont les plus élaborés, plus efficaces et utilisés dans les études numériques de calcul des écoulements compressibles [3].

3.9.1. Modèle standard $k - \varepsilon$

Le modèle $k - \varepsilon$ est le plus simple des modèles complets dits à deux équations. Ce modèle suppose que le régime de turbulence soit pleinement établi dans tout le domaine et que les effets de la viscosité moléculaire sont négligeables par rapport à ceux de la viscosité turbulente (loin des parois). Il est basé sur l'hypothèse de *Boussinesq* [4].

Ainsi, la viscosité dynamique turbulente est calculée par

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (3.17)$$

$$C_\mu = 0,09$$

3.9.2. Le modèle standard $k - \omega$

C'est un modèle empirique similaire au modèle $k - \varepsilon$, avec deux équations de transport, une équation adaptée de k et une équation du taux de dissipation spécifique ω qui s'apparente au rapport de ε par k .

Après plusieurs années de perfectionnement, ce modèle offre à présent un avantage pour la prédiction des écoulements cisailés libres. Il prend aussi en compte les effets des faibles nombres de Reynolds, de la compressibilité, des jets de différentes configurations (plan, radial, ...etc.). Pour ces raisons, il convient particulièrement aux écoulements internes.

La viscosité turbulente est calculée en combinant k et ω comme suit :

$$\mu_t = \alpha^* \frac{\rho k}{\omega} \quad (3.18)$$

α^* : Est un coefficient qui apporte une correction à la viscosité turbulente à bas nombres de Reynolds en l'"atténuant" en quelque sorte (fluent).

L'avantage du modèle $k-\omega$ par rapport au modèle $k-\varepsilon$ réside dans la prise en compte des effets dus à la turbulence des écoulements à faible nombre de Reynolds. Il est utilisable pour les écoulements compressibles et permet de prendre en compte les transferts pariétaux [5].

3.10. Résolution numérique

Le calcul numérique de notre étude est basé sur la discrétisation des équations en utilisant la méthode des volumes finis avec les étapes suivantes.

- Division du domaine de simulation en volumes de contrôle discret, qui consiste en la phase de maillage volumique (dans le cas d'écoulement supersonique, de préférence utiliser les mailles quadrilatérales car elles s'adaptent mieux aux formes des configurations utilisées constituées par un maillage multi-blocs).
- L'intégration des équations fondamentales des volumes de contrôle pour construire les équations algébriques discrètes concernant les inconnues, telles que la vitesse, la pression, la température et les autres scalaires transportés de la turbulence.
- La linéarisation des équations discrétisées et la résolution de ce système d'équations linéaires algébriques résultant [3].

3.10.1. Principe de la méthode des volumes finis

Les étapes de résolution de la méthode des volumes finis sont les suivantes :

3.10.1.1. Maillage

C'est la subdivision du domaine d'étude en grilles longitudinales et transversales dont l'intersection représente un nœud, ou on trouve les composantes u et v de la vectrice vitesse qui se trouve au milieu des segments reliant deux nœuds adjacents. La discrétisation du domaine est obtenue par un maillage constitué d'un réseau de points.

Les grandeurs scalaires pression, température, sont stockées dans le nœud P du maillage, tandis que les grandeurs vectorielles u et v sont stockés aux milieux des segments reliant les nœuds. L'équation générale du transport est intégrée sur le volume de contrôle

Associe aux variables scalaires est les équations de quantités de mouvement sont in le volume de contrôle associe aux composants de vitesses.

Le volume de contrôle de la composante longitudinale u est décalé suivant la direction x par rapport au volume de contrôle principale, celui de la composante transversale v est décalé suivant la direction de y .

Ce type de maillage est dit maillage décalé permet une bonne approximation des flux convectifs est une meilleur évaluation de des gradients de pression ainsi une stabilisation numérique de la solution.

La construction des volumes de contrôle et le maillage décalé sont montrés dans le schéma suivant :

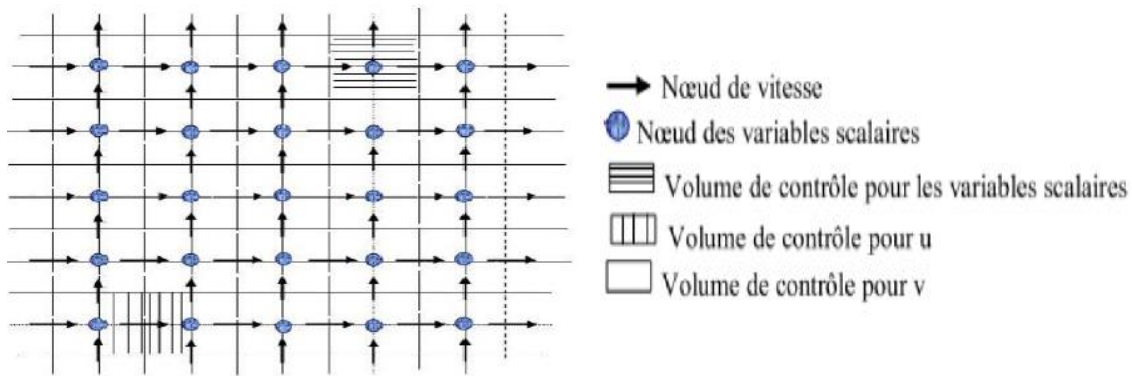


Figure 3.1. Schéma du maillage.

3.10.2. Discrétisation des équations gouvernantes

L'étape principale de la méthode des volumes finis est l'intégration des équations régissantes pour chaque volume de contrôle. Les équations algébriques déduites de cette intégration rendent la résolution des équations de transports plus simple.

Chaque nœud est entouré par un ensemble de surfaces qui comporte un élément de volume.

Toutes les variables du problème et les propriétés du fluide sont stockées aux nœuds de cet élément.

Les équations régissant l'écoulement, sont présentées sous leurs formes moyennées dans un repère cartésien (x, y, z) :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu_{\text{eff}} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) \quad (3.19)$$

Notons que toute équation régissant l'écoulement interne en turbomachines peut être écrite Sous la forme générale suivante (équation de transport de la variable ϕ) [4] :

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t}(\rho\phi)}_1 + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho U\phi_j)}_2 = \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\Gamma_{\text{eff}}\left(\frac{\partial\phi}{\partial x_j}\right)\right)}_3 + \underbrace{S_\phi}_4 \quad (3.20)$$

Où :

u_j : est la composante de la vitesse suivant la direction x_j .

ρ : la masse volumique.

Γ : est le coefficient de diffusion.

S : est le terme source.

ϕ une des variables suivantes $f=1, u, v, w, k, \epsilon$ et T .

Sachant que terme :

(1) : terme instationnaire, (2) : terme convectif, (3) : terme diffusif et (4) : terme source.

3.11. Les différents types de maillage

La méthode numérique des volumes finis est employée pour discrétiser le domaine physique et les différentes équations aux dérivées partielles tridimensionnelles des modèles mathématiques appliqués à l'écoulement considéré. Elle est basée sur l'intégration de ces équations sur des volumes finis obtenus par découpage du champ de l'écoulement suivant un maillage imposé par le logiciel Fluent. Selon la forme géométrique, il faut bien choisir une maille adaptable à la géométrie, les mailles utilisées par Fluent sont les suivant :

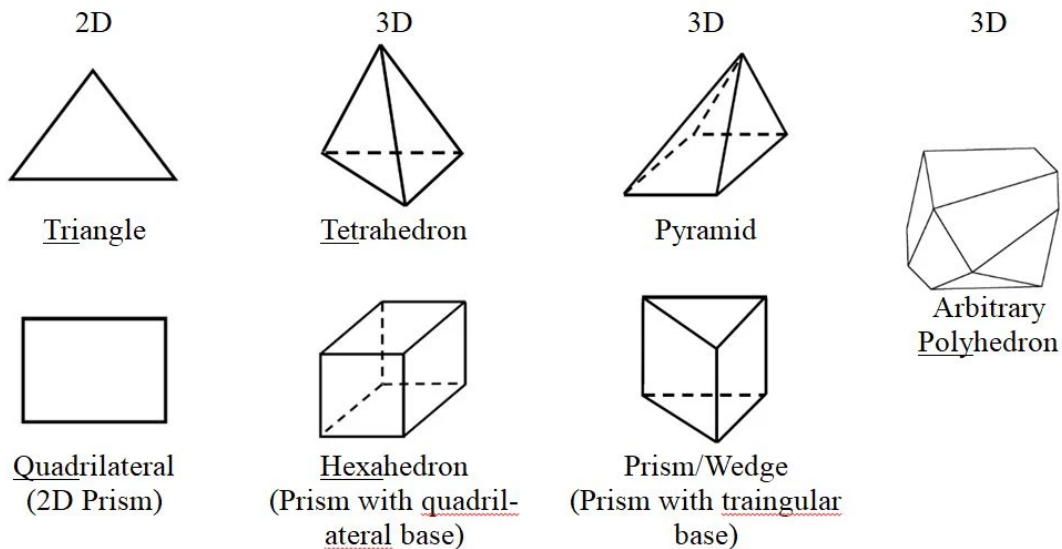


Figure 3.2. Maillages utilisées en volume finis par Fluent [6].

3.11.1. Maillage structuré (quadra/hexa)

Il est beaucoup plus facile de le générer en utilisant une géométrie à multi bloc, il présente les avantages suivants :

- ✓ Economique en nombre d'éléments, présente un nombre inférieur de maille par rapport à un maillage non structuré équivalent.
- ✓ Réduit les risques d'erreurs numériques car l'écoulement est aligné avec le maillage.

Inconvénients :

- Difficile à le générer dans le cas d'une géométrie complexe
- Difficile d'obtenir une bonne qualité de maillage pour certaines géométries complexes.

3.11.2. Maillage non structuré (tri/tétra)

Les éléments de ce type de maillage sont générés arbitrairement sans aucune contrainte quant à leur disposition.

Ses avantages :

- ✓ Peut-être généré sur une géométrie complexe tout en gardant une bonne qualité des éléments.
- ✓ Les algorithmes de génération de ce type de maillage (tri/tétra) sont très automatisés.

Ses inconvénients :

- Très gourmand en nombre de mailles comparativement au maillage structuré
- Engendre des erreurs numériques (fausse diffusion) qui peuvent être plus importante si l'on compare avec le maillage structuré.

3.11.3. Maillage hybride

Maillage généré par un mélange d'éléments de différents types, triangulaires ou quadrilatéraux en 2D, tétraédriques, prismatiques, ou pyramidaux en 3D.

Ses avantages :

- ✓ Combine entre les avantages du maillage structuré et ceux du maillage non structuré
- [7]

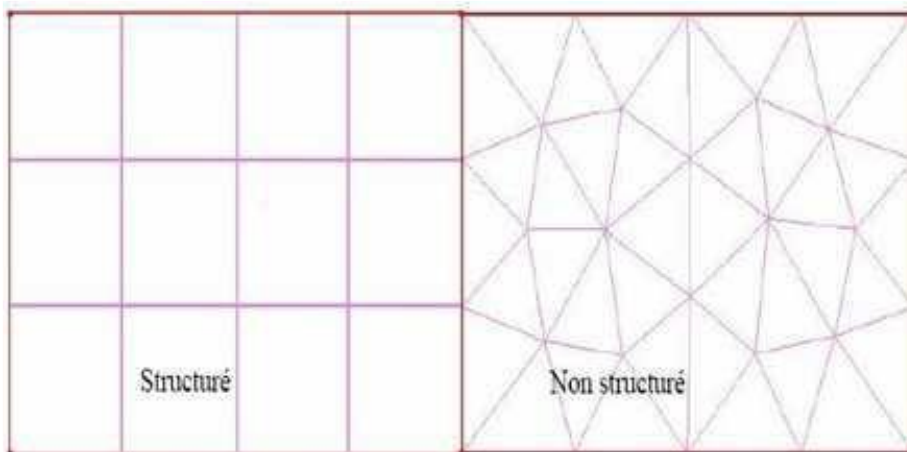


Figure 3.3. Types des maillages [7]

3.12. Description de logiciel ANSYS (ICEM CFD/CFX)

3.12.1. Première partie : Géométrie et Maillage

Ce module permet de préparer la configuration géométrique du problème étudié et de générer le maillage de manière assez conviviale bien qu'assez simple. Dans le cas de notre travail on a fait recours à l'ICEM CFD, l'un des avantages de ce logiciel, est sa simplicité ainsi que sa robustesse envers la réalisation des géométries les plus complexes. Pour le maillage, ICEM CFD utilise des structures mono ou multi-blocs en fonction de la géométrie, il permet de générer deux types de maillages, entre autre le maillage tetrahedral et le maillage hexahedral. Pour chaque configuration (géométrie – maillage) un fichier de données (*.cfx5) doit être exporté vers CFX [8].

La réalisation d'un projet dans ce logiciel se fait suivant les étapes suivantes :

Le logiciel ANSYS ICEM CFD

Les opérations exécutées dans cette phase sont les suivantes :

- Création de la géométrie et du domaine de calcul qui doit simuler la veine d'essais ;
- Génération du maillage du domaine de calcul : maillage raffiné près des parois (maillage de la couche limite) et grossier dans les zones d'écoulement libre

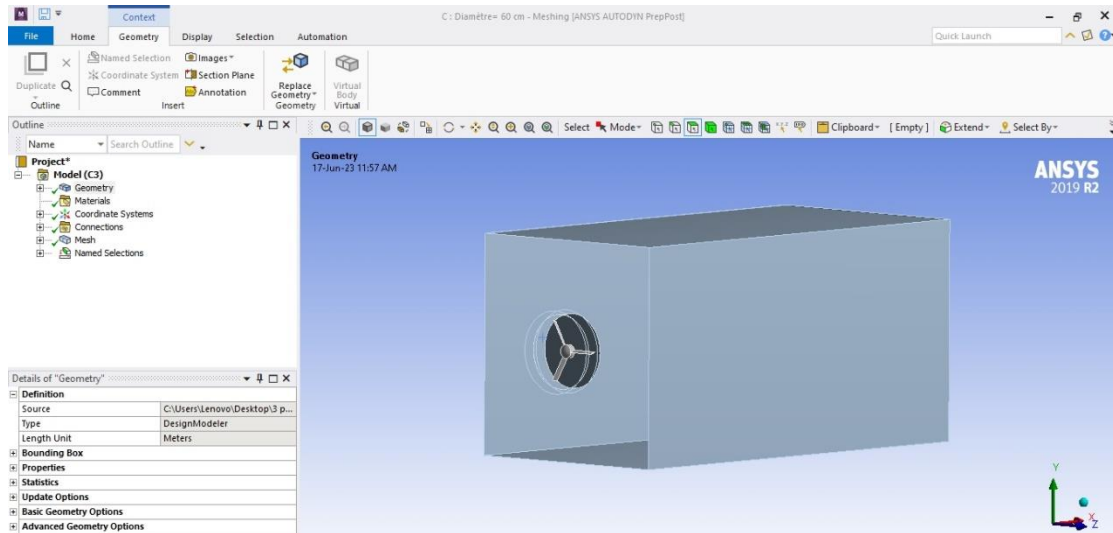


Figure 3.4. L'interface de logiciel ICEM CFD

a) Etape 01 : Création de la géométrie :

ANSYS ICEM CFD permet d'établir la géométrie du système étudié. La géométrie est construite à partir de points, de courbes, de surfaces et de volumes.

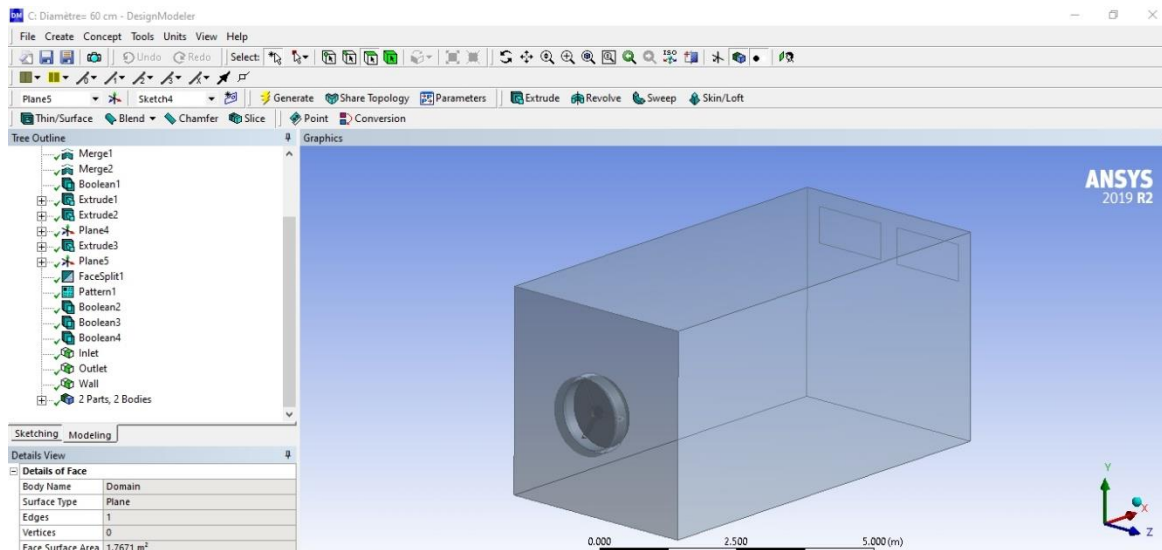


Figure 3.5. Domaine de calcul (4m×4m×8m).

b) Etape 02 : Génération du maillage :

La première étape de la simulation est la définition du domaine du calcul. Il s'agit de choisir le nombre de dimensions, pour la forme géométrique de la zone à étudier. Une fois cette étape franchie, il faut définir un maillage du domaine, c'est-à-dire découper le domaine en mailles élémentaires. Le Choix de la taille des mailles peut être basé sur les échelles caractéristiques des phénomènes et des détails géométriques à représenter.

Un maillage peut être structuré ou non structuré, uniforme ou non uniforme [9].

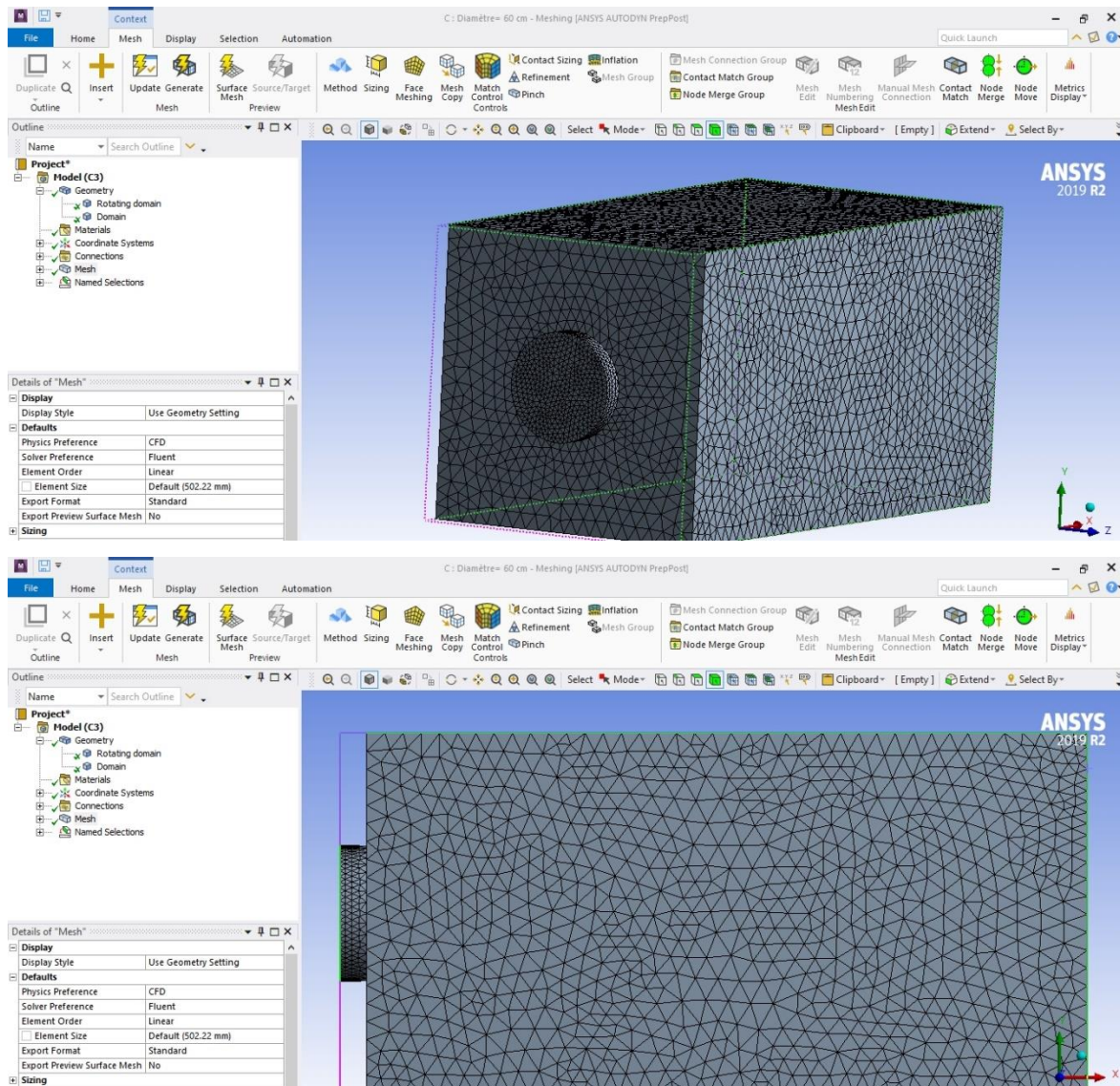


Figure 3.6. Maillage du domaine (Tetrahedrons).

Le logiciel ANSYS CFX

a) Etape 01 : Pré-Processing

Dans l'interface CFX-Pre sont introduits les différents paramètres concernant l'écoulement :

- Conditions initiales et conditions aux limites;
- Choix du modèle de turbulence;
- Choix du nombre d'itération.

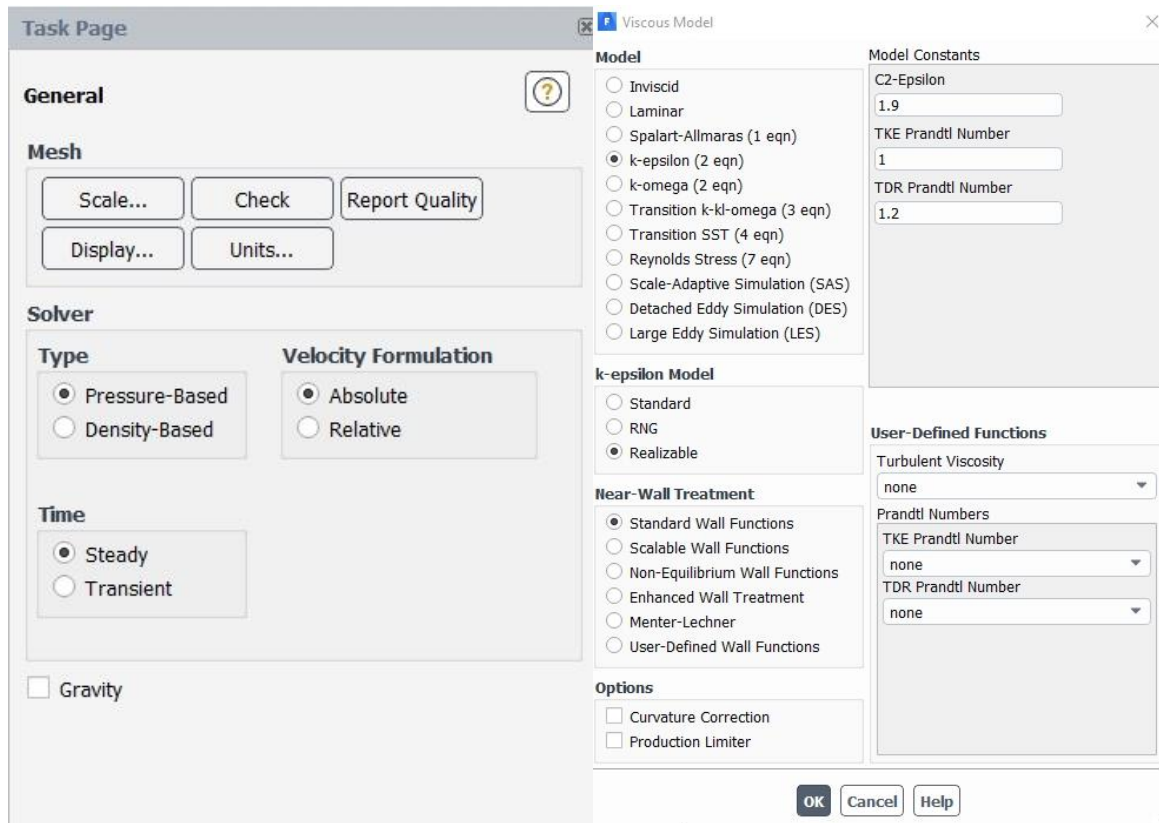


Figure 3.7. Définition de type de 'solver' et modèle de turbulence (k-epsilon)

Materials (air):

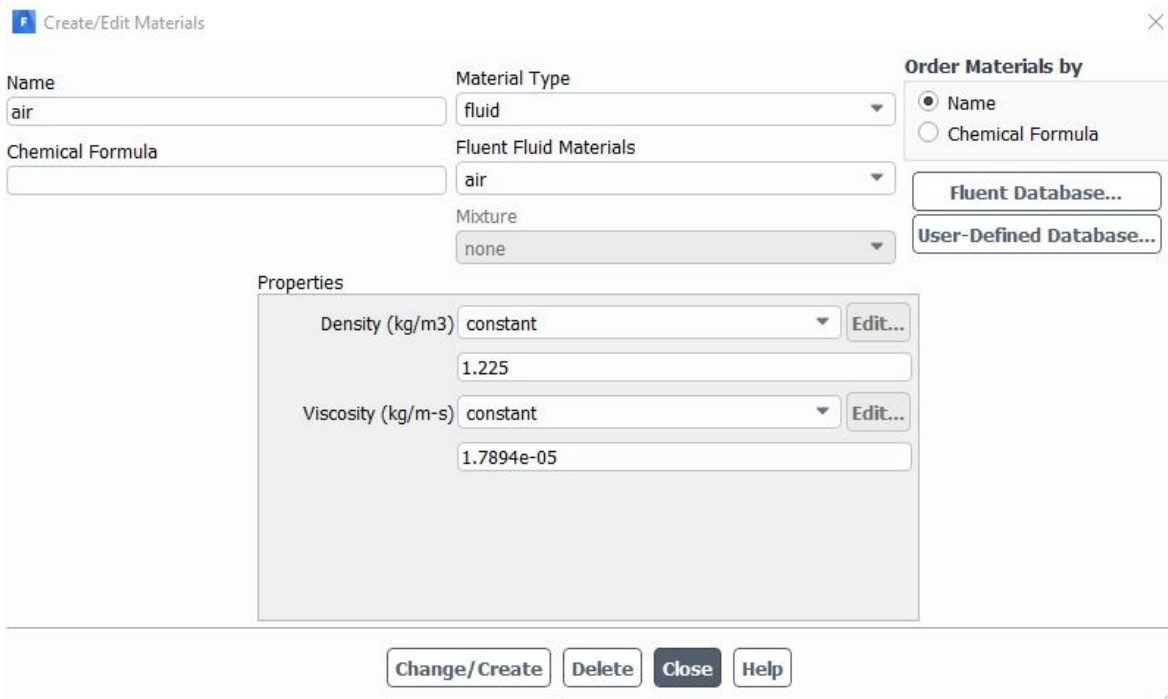


Figure 3.8. Edit Materials (air)

Rotating domain

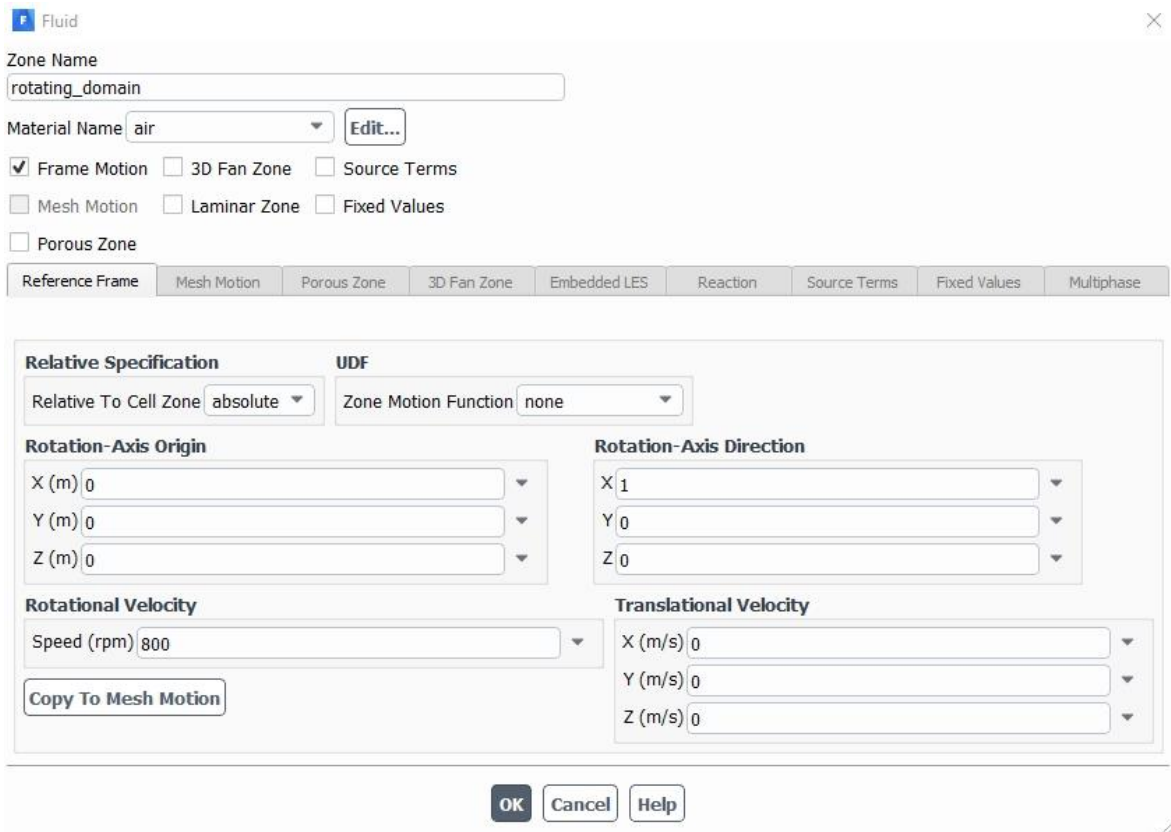


Figure 3.9. Rotating domain

Les conditions initiales et conditions aux limites au code CFX-pre

Les conditions à l'entrée

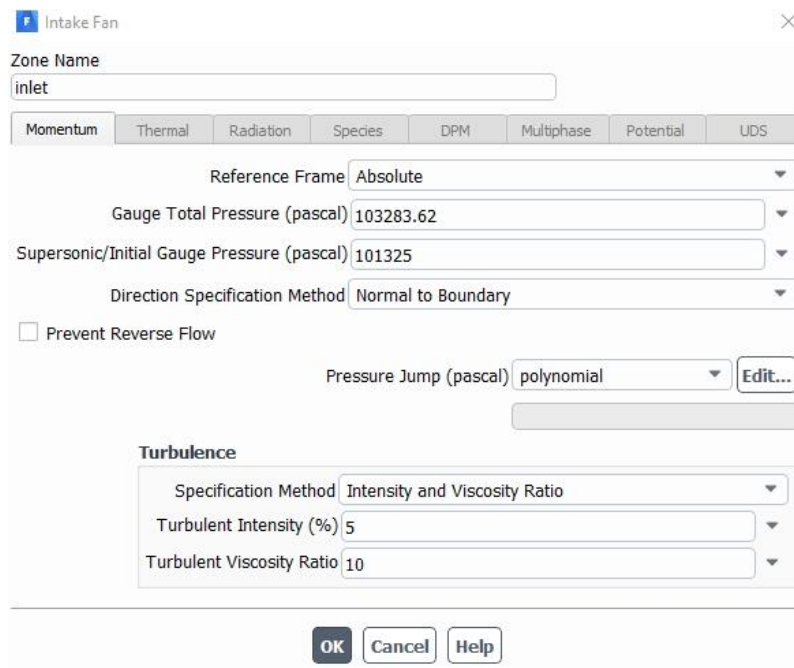


Figure 3.10. Les conditions à l'entrée

Les conditions à sortie

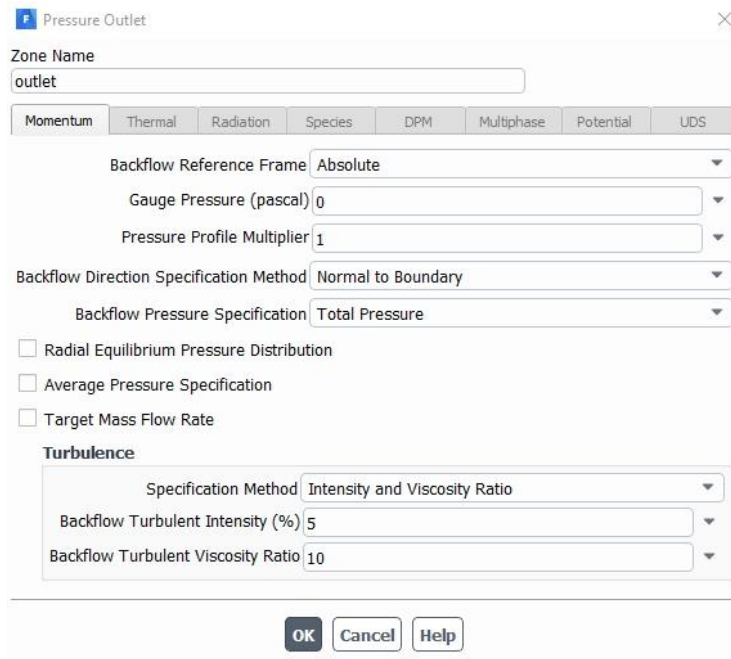


Figure 3.11. Les conditions à sortie.

b) Etape 02: SOLVER CFX

Enfin le SOLVER CFX entame les calculs

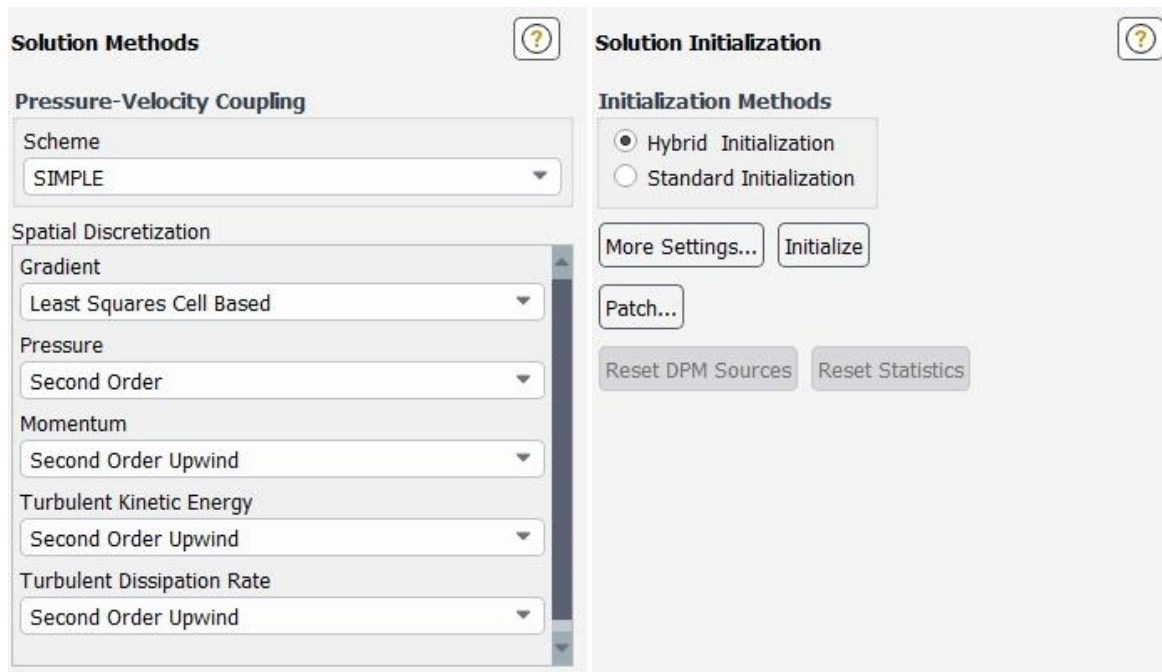


Figure 3.12. Etape d'initialisation

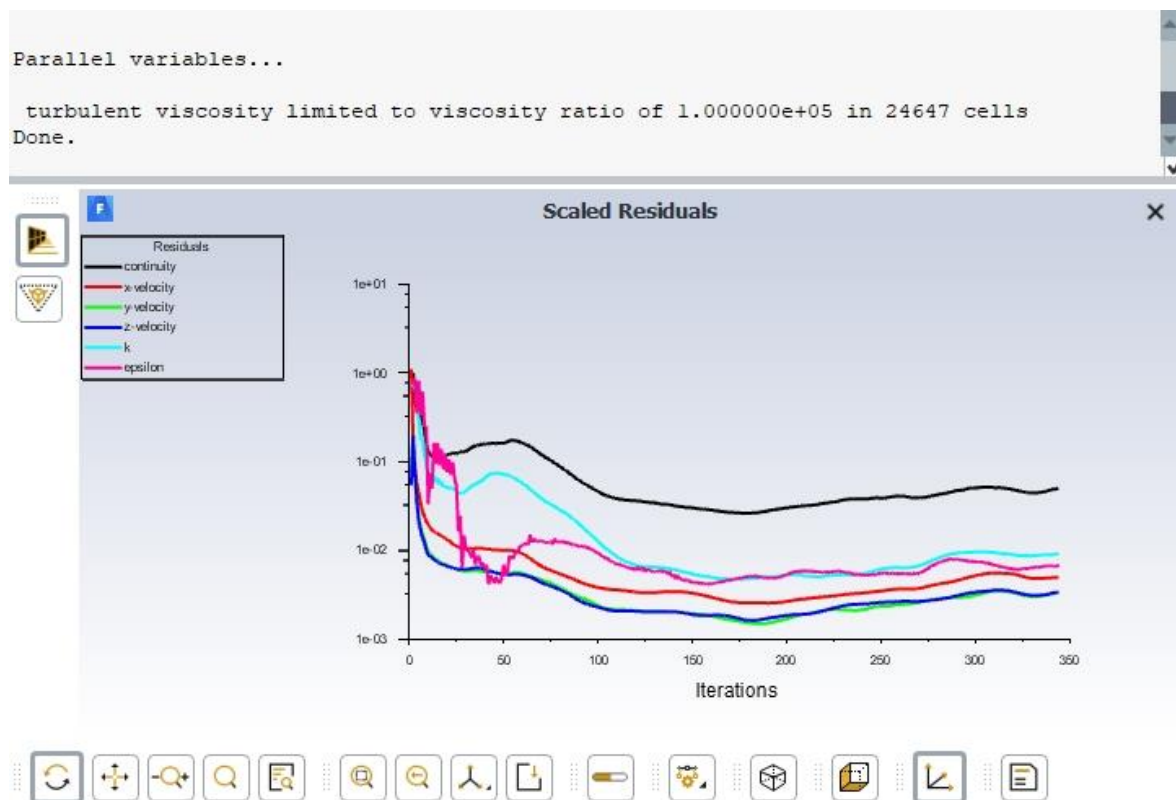
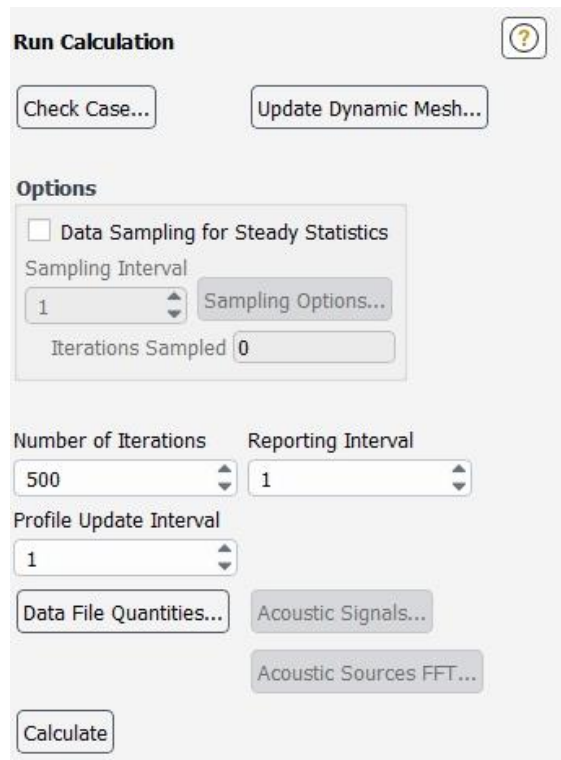


Figure 3.13. Test de convergence.

Tableau 3.1. Les conditions aux limites

Entrée	Sortie	Paroi	Energie
Intake fan	Pressure outlet	Symmetry	/

3.13. Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté le modèle mathématique, les équations régissant les phénomènes de notre étude et quelques notions de bases sur les machines axiales

Cette partie, d'intéresse aussi avec les modèles de turbulences et la méthode numérique de notre simulation basée sur la méthode des volumes finis.

Références

- [1] N. Kaddour et Y. Fadel, «Analyse de Fluide et Performance d'un Ventilateur Axial à l'aide de CFD,» 2021.
- [2] R. OUAFI et . A. KRIBECHE, «Acquisition et supervision des caractéristiques d'un ventilateur axial pour un banc d'essai,» Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi -Bordj Bou Arréridj-, Bordj Bou Arréridj, 2021.
- [3] Z. HAOUAS, T. KENZA et O. HOCINE, «Effet de profil de la divergence dans une tuyère,» TIZI-OUZOU, 2021.
- [4] T. Nabila, «Simulation numérique d'un écoulement transsonique autour d'une aube d'une turbine à gaz axial,» 2017.
- [5] A. HAMAMI, «SIMULATION DE L'ÉCOULEMENT DANS UN MINICANAL,» 2005.
- [6] «manchestercfd,» [En ligne]. Available: <https://www.manchestercfd.co.uk/post/all-there-is-to-know-about-different-mesh-types-in-cfd>.
- [7] . S. MEHIDI et M. MEDJAHRI, «Analyse dynamique de la position des ouvertures sur la qualité d'air dans une pièce d'habitation,» 2020.
- [8] D. H. Mohammed, «Initiation à la simulation numérique des écoulements de fluides (CFD) Introduction à l'ANSYS ICEM CFD et ANSYS CFX».
- [9] R. SELLAM, «ANALYSE DE PERFORMANCE DE VENTILATION CROISEE A TRAVERS LES GRANDES ET LES PETITES OUVERTURES,» 2020.

Chapitre4

Résultats et discussions

Sommaire

4.1.	Introduction	55
4.2.	Description de la géométrie	55
4.3.1.	Effet de profil d'aube :	55
4.3.2.	Effet de diamètre de ventilateur.....	58
4.3.3.	Effet de la vitesse de rotation.....	59
4.3.4.	Effet de nombre de pales du ventilateur	60
4.3.5.	Effet de l'angle d'attaque de pales.....	65
4.4.	Conclusion	67

4.1. Introduction

La qualité de l'air intérieur repose d'une part sur le fait de limiter les sources de pollutions et d'autre part sur un renouvellement de l'air assuré par une ventilation efficace. Ce renouvellement d'air, des pièces de vie vers les pièces humides, doit permettre d'évacuer l'humidité et les polluants présents dans l'air.

Cette étude portée sur différents aspects :

- Quel est le meilleur profil d'aube pour réaliser un ventilateur avec moins perte énergétique ?
- Quel est le nombre de pale optimale pour réaliser un ventilateur avec moins perte énergétique ?
- Comment l'air circule-t-il dans une pièce ventilée ?

4.2. Description de la géométrie

La géométrie, ainsi que la dimension, qui est utilisée pour le présent travail, est $4\text{m} \times 4\text{m} \times 8\text{m}$ pour le domaine, et la dimension des fenêtres (sortie) est $0.7\text{m} \times 1.5\text{m}$, le diamètre de ventilateur est 1.20 m et longueur de pales est 0.5 m .

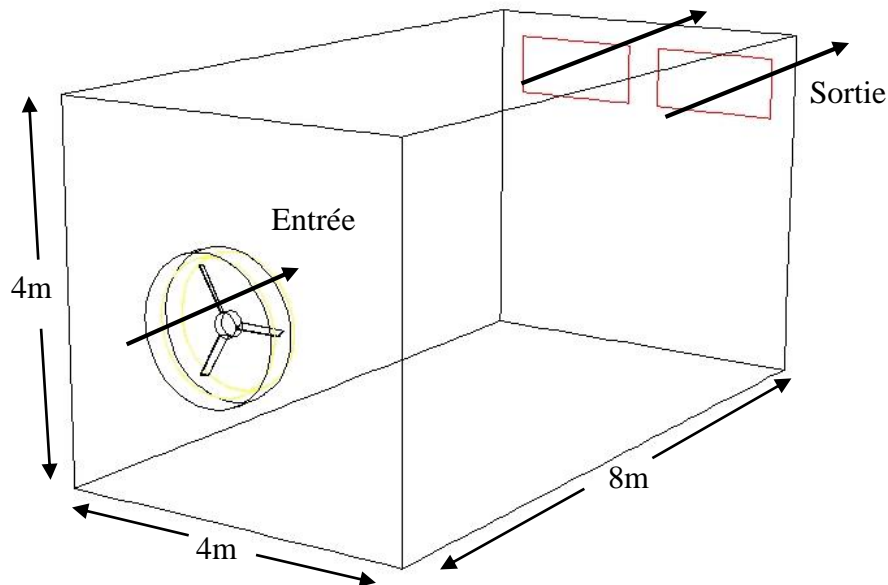


Figure 4.1 : Schéma du domaine de calcul 3D de la chambre aérée par un ventilateur.

4.3. Résultats et discussions

4.3.1. Effet de profil d'aube :

Les figures (2, 3, 4 et 5) présentent l'effet de variation de profil des pales d'un ventilateur, tels que le NACA 0012 et le NACA 63412 sur les champs de vitesse et de pression, le profil a une influence significative sur les contours de vitesse et de pression, ainsi que sur l'endroit où l'aération se produit :

Les contours de vitesse montrent un écoulement asymétrique autour du ventilateur, avec des vitesses plus faibles du côté opposé. Une zone de recirculation est observée en aval du ventilateur, créant une région de faible vitesse et une stagnation locale. Les vitesses maximales sont atteintes près des pales du ventilateur, indiquant une accélération du flux d'air lorsqu'il est propulsé les pales.

Le profil des pales affecte la distribution de la vitesse de l'air le long des pales. Différents profils peuvent avoir des caractéristiques aérodynamiques distinctes, ce qui se traduit par des variations dans les contours de vitesse. Le profil NACA 0012 est souvent utilisé pour des applications à basse vitesse, tandis que le profil NACA 63412 est adapté pour des vitesses plus élevées. Les variations de forme, de courbure et d'épaisseur du profil se traduisent par des différences dans les champs de vitesse, avec des régions de vitesse plus élevée ou plus faible selon le profil utilisé.

Les contours de pression montrent une diminution de la pression dans la zone d'aspiration du ventilateur (augmentation de pression totale), où l'air est aspiré par les pales. La pression augmente dans la zone de compression du flux d'air, où les pales du ventilateur accélèrent l'air. Une région de basse pression est observée en aval du ventilateur, résultant de la formation de la zone de recirculation.

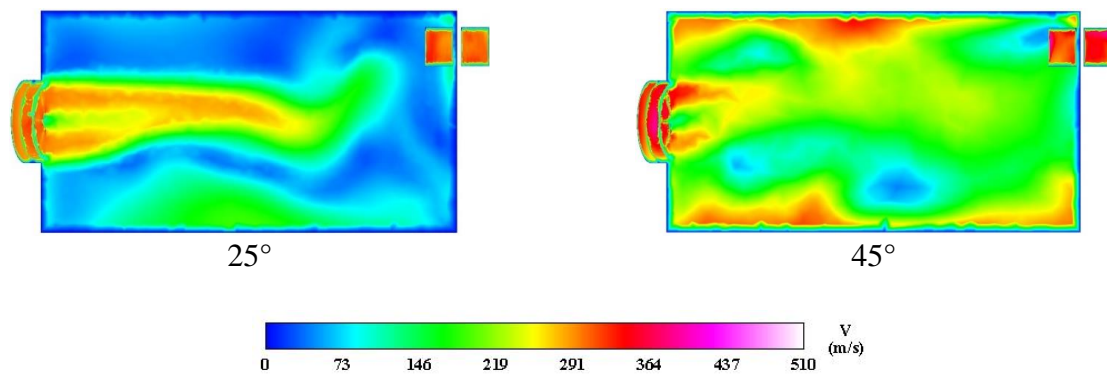


Figure 4.2. Champs des vitesses pour un profil NACA 63412 de 6 pales

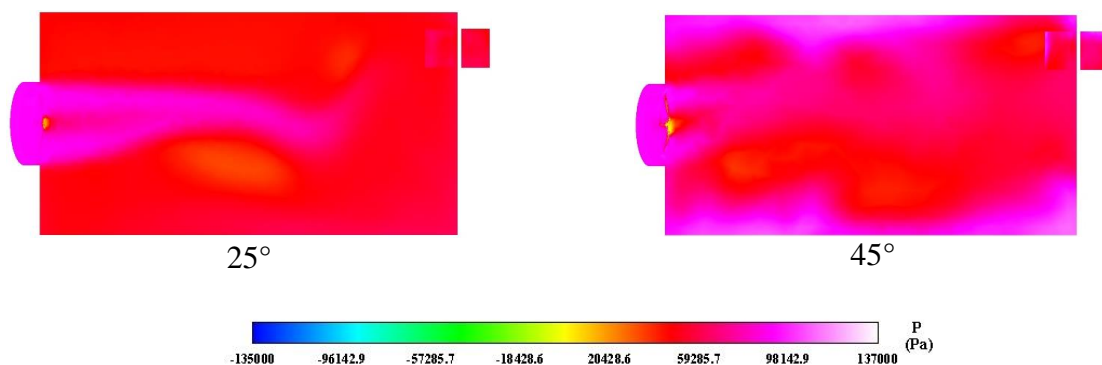


Figure 4.3. Champs des pressions pour un profil NACA 63412 de 6 pales

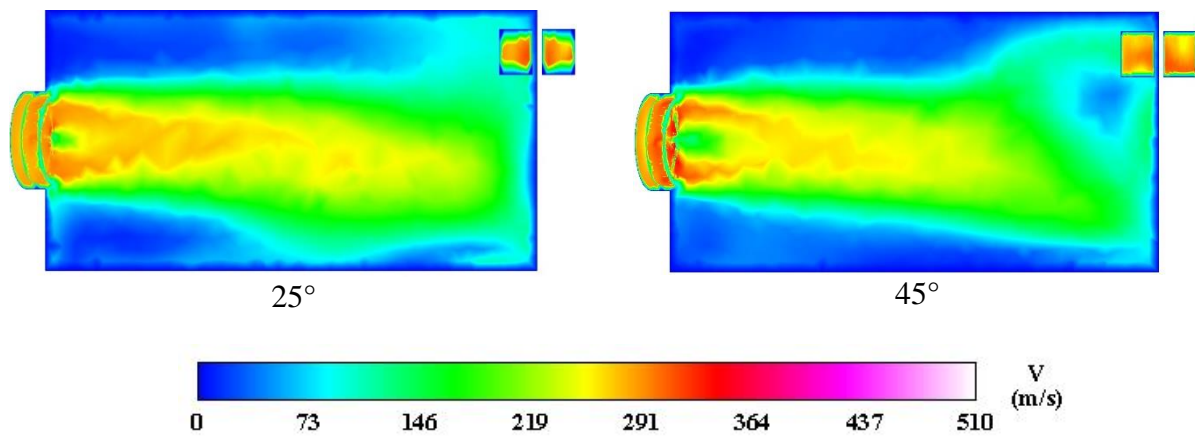


Figure 4.4. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 de 6 pales

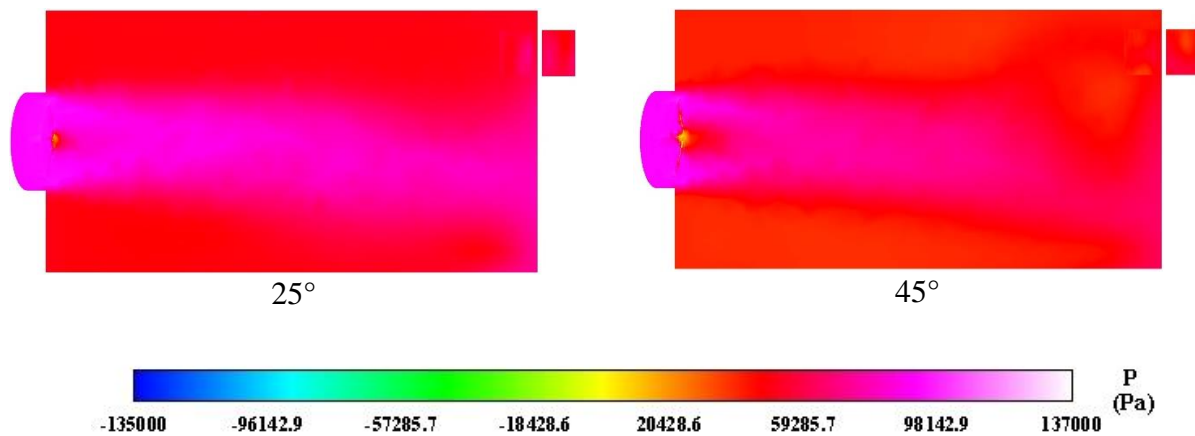


Figure 4.5. Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de 6 pales

Le profil des pales influence également les contours de pression générés par le ventilateur. Différents profils peuvent avoir des coefficients de portance et de traînée variables, ce qui a un impact direct sur la distribution de pression autour des pales. Le profil NACA 0012 a une portance généralement plus élevée, tandis que le profil NACA 63412 peut générer une traînée plus faible. Ces variations se reflètent dans les contours de pression, montrant des zones de haute et basse pression autour des pales.

Le profil des pales peut également influencer l'endroit où l'aération se produit. Les variations de forme et de courbure des profils peuvent modifier la direction de l'écoulement de l'air, ce qui a un impact sur l'endroit où l'air est dirigé. Le profil NACA 0012 peut générer un déplacement d'air plus direct et concentré, tandis que le NACA 63412 peuvent favoriser une diffusion plus large. L'optimisation du profil des pales en fonction des objectifs spécifiques de ventilation peut permettre de contrôler et de diriger l'endroit où l'aération se produit.

Il est important de noter que le choix du profil des pales dépend des conditions d'utilisation spécifiques, telles que la vitesse de rotation, le débit d'air requis, les contraintes aérodynamiques, etc.

4.3.2. Effet de diamètre de ventilateur

Les figures (6 et 7) présentent l'effet de variation de diamètre de ventilateur sur les champs de vitesse et de pression, les contours de vitesse révèlent la distribution et la direction du flux d'air généré par le ventilateur dans l'endroit aéré.

Les contours de vitesse à la sortie, indiquent la vitesse et la direction du flux d'air qui quitte cet espace. Des vitesses élevées à la sortie suggèrent un bon débit d'air et une bonne expulsion de l'air vicié, il est souhaitable d'obtenir une distribution homogène des vitesses à la sortie pour une évacuation uniforme de l'air dans tout l'endroit.

En augmentant le diamètre du ventilateur, la vitesse du flux d'air généré peut augmenter. Cela peut se traduire par des vitesses plus élevées dans tout l'endroit, favorisant une meilleure aération et une circulation plus efficace de l'air. Une augmentation du diamètre du ventilateur peut également entraîner une meilleure répartition du flux d'air, réduisant les zones de faible vitesse et de stagnation. Une variation du diamètre du ventilateur peut influencer la pression du flux d'air. En général, une augmentation du diamètre peut entraîner une augmentation de la pression à la sortie du ventilateur, améliorant ainsi la propulsion de l'air et l'évacuation de l'air vicié de l'endroit.

Une pression plus élevée peut également contribuer à une meilleure ventilation globale de l'endroit en créant une dépression ou en aidant à surmonter les résistances ou les obstacles à l'évacuation de l'air. La variation du diamètre du ventilateur peut avoir un impact sur l'efficacité globale de l'aération dans un endroit. Une augmentation du diamètre peut augmenter le débit d'air total et améliorer la capacité d'évacuation de l'air vicié.

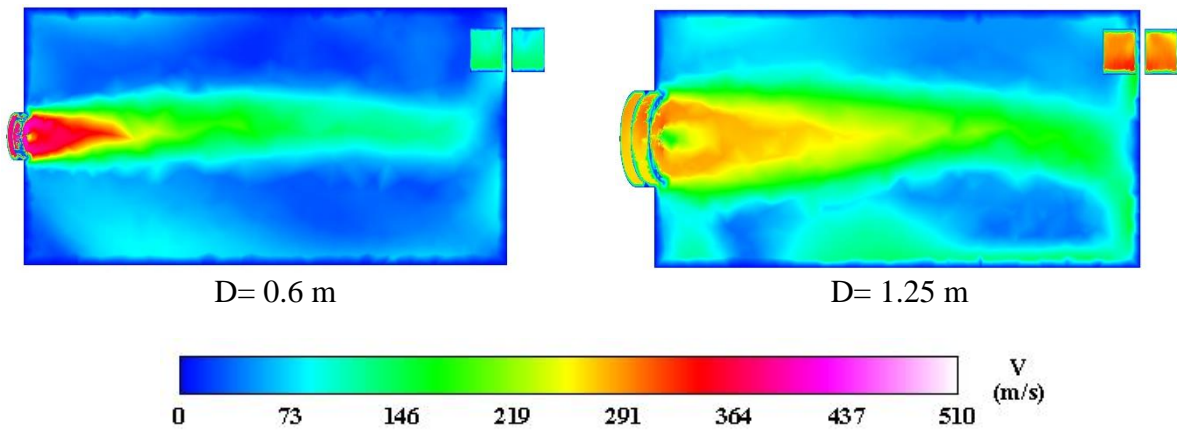


Figure 4.6. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents diamètres et avec un angle d'attaque 25° et vitesse de rotation = 800 rpm

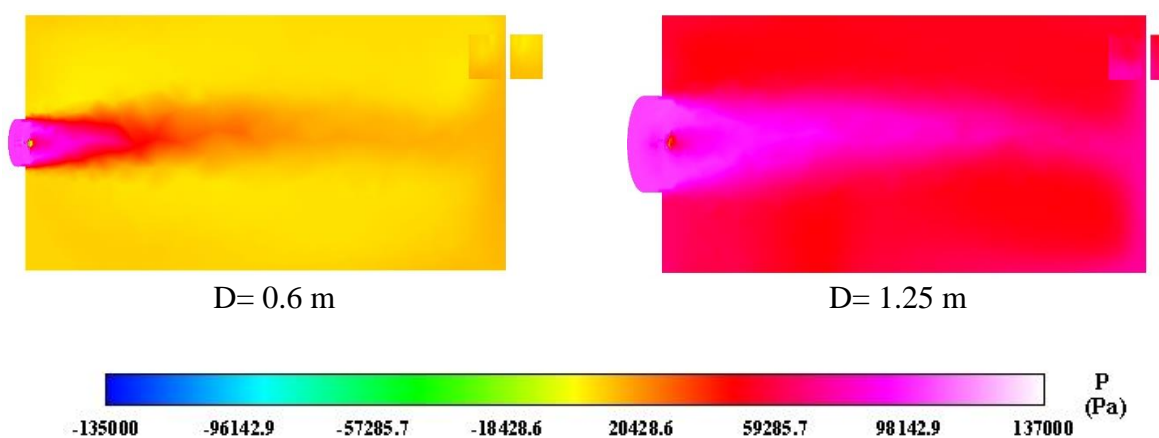


Figure 4.7. Champs des pressions pour un profil NACA 0012 pour différents diamètres et avec un angle d'attaque 25° et vitesse de rotation = 800 rpm

4.3.3. Effet de la vitesse de rotation

Les figures (8 et 9) présentent l'effet de variation de la vitesse de rotation de ventilateur sur les champs de vitesse et de pression, d'après les résultats en remarque que l'augmentation de la vitesse de rotation entraîne généralement une augmentation de la vitesse de l'air, tandis qu'une diminution de la vitesse de rotation réduit la vitesse de l'air. Une vitesse de rotation plus élevée crée des régions de vitesse plus élevée et des gradients de vitesse plus importants.

Une augmentation de la vitesse de rotation peut entraîner une augmentation de la pression de l'air, en particulier sur la face convexe des pales. À l'inverse, une diminution de la vitesse de rotation peut réduire la pression de l'air.

La vitesse de rotation des pales détermine également l'endroit où l'aération se produit. Une vitesse de rotation plus élevée peut générer un déplacement d'air plus direct et concentré dans une direction spécifique. Cela peut être bénéfique pour cibler des zones précises qui nécessitent une ventilation plus intense. À l'inverse, une vitesse de rotation plus faible peut entraîner une diffusion plus large de l'air, permettant une couverture plus étendue.

Il est important de noter que la vitesse de rotation des pales doit être soigneusement ajustée en fonction des objectifs spécifiques de la ventilation. Une vitesse de rotation trop élevée peut entraîner des turbulences excessives, des pertes d'efficacité ou des nuisances sonores, tandis qu'une vitesse de rotation trop faible peut entraîner une performance aérodynamique réduite.

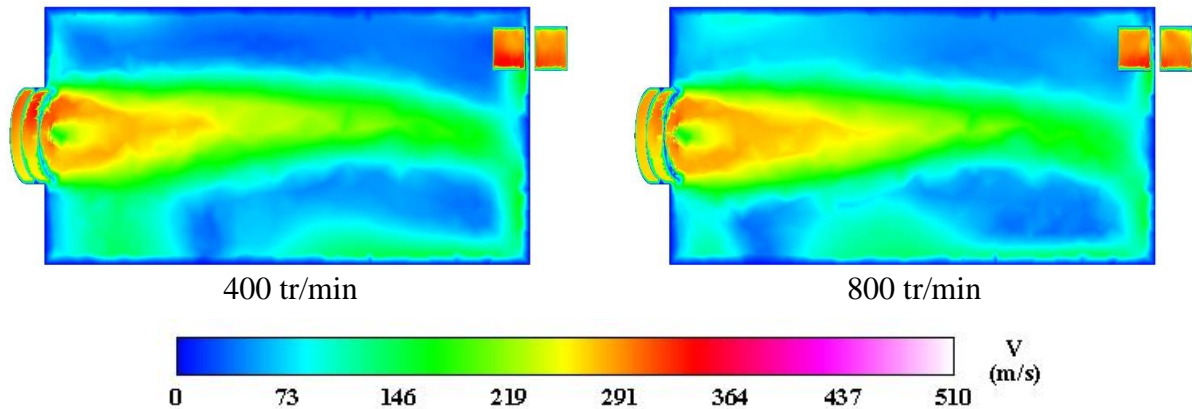


Figure 4.8. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différentes vitesses de rotation et avec un angle d'attaque 25°

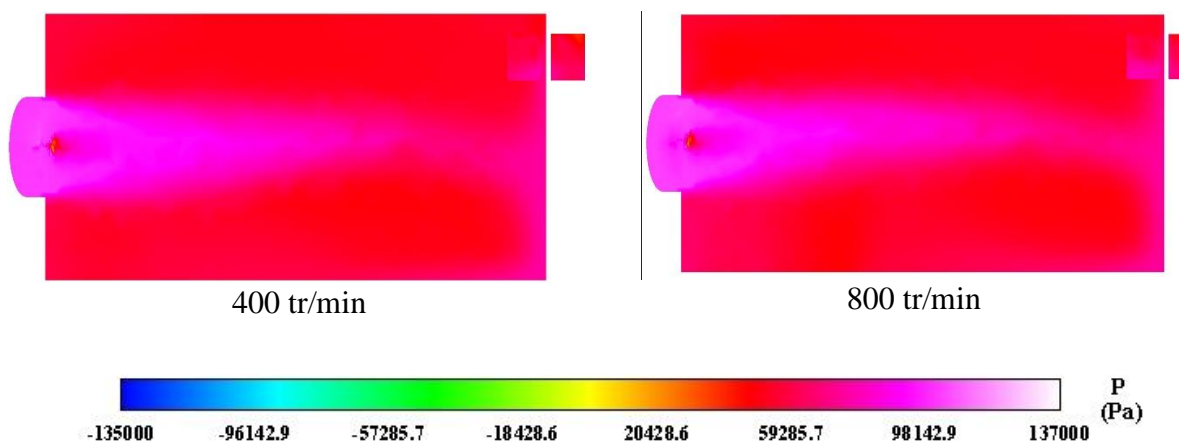


Figure 4.9. Champs des pressions pour un profil NACA 0012 pour différentes vitesses de rotation et avec un angle d'attaque 25°

4.3.4. Effet de nombre de pales du ventilateur

Les figures (10, 11, 12, 13, 14 et 15) présentent l'effet de variation de de nombre de pales de ventilateur sur les champs de vitesse et de pression. En remarque que le nombre de pales du ventilateur affecter la distribution du flux d'air, un nombre plus élevé de pales peut créer un flux d'air plus uniforme et mieux dirigé, ce qui peut favoriser une meilleure aération et une circulation plus efficace de l'air dans tout l'endroit ce qui remarqué pour 6 et 9 pales.

Cependant, un nombre excessif de pales peut également entraîner une turbulence accrue et des interactions complexes entre les pales, ce qui peut perturber la distribution du flux d'air.

Le nombre de pales peut influencer la pression générée par le ventilateur. En général, un nombre plus élevé de pales peut augmenter la pression à la sortie du ventilateur, favorisant ainsi une meilleure propulsion de l'air et une évacuation plus efficace de l'air vicié de l'endroit.

Toutefois, des interactions complexes entre les pales peuvent également entraîner des zones de basse pression et de haute pression, ce qui peut influencer la répartition globale de la pression.

Un ventilateur avec un plus grand nombre de pales (6 et 9 pales) produit une vitesse de l'air plus faible par rapport à un ventilateur avec moins de pales (3pales). Cela est dû au fait qu'un grand nombre de pales crée une obstruction plus importante à l'écoulement de l'air, ce qui réduit la vitesse globale. Par conséquent, si vous recherchez une ventilation plus puissante et un déplacement d'air rapide, un ventilateur avec 3 pales pourrait être plus approprié.

Un ventilateur avec un plus grand nombre de pales génère généralement une pression de l'air plus élevée. Les pales supplémentaires augmentent la résistance à l'écoulement de l'air, ce qui entraîne une augmentation de la pression statique.

D'après les champs de vitesse en remarque qu'un ventilateur avec un plus grand nombre de pales a tendance à concentrer l'air sur une zone plus restreinte, ce qui peut être utile si vous souhaitez cibler spécifiquement une zone particulière. D'autre part, un ventilateur avec moins de pales a une diffusion plus large et peut mieux couvrir une surface plus étendue.

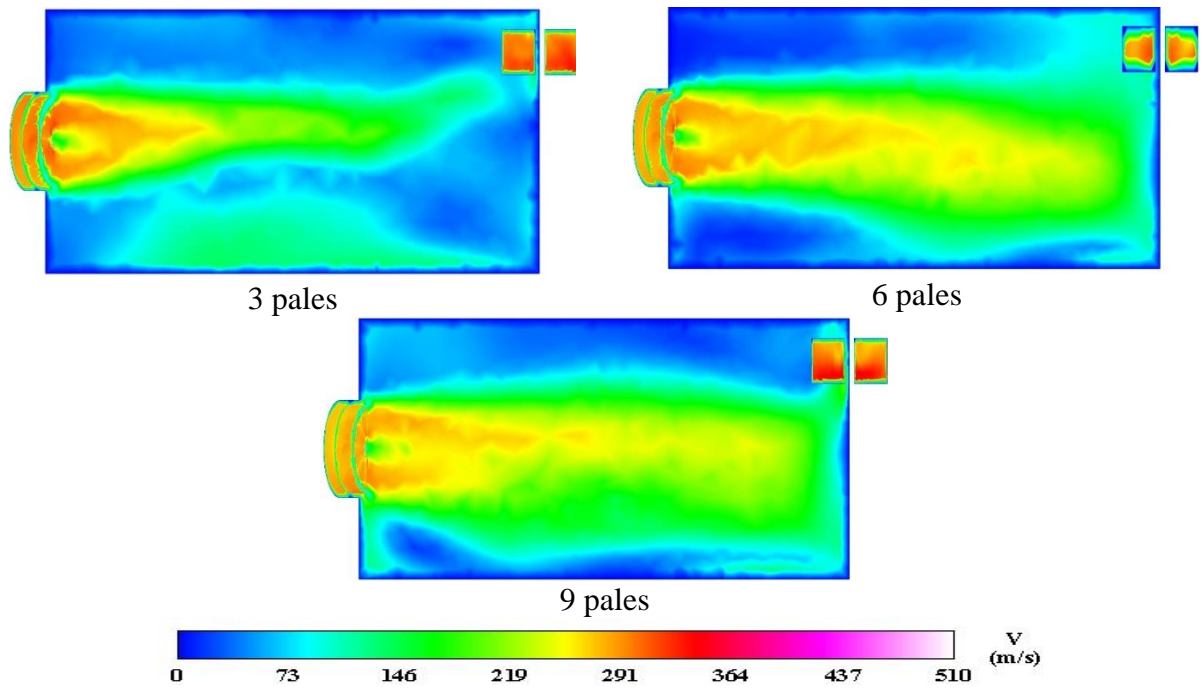


Figure 4.10. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 25°

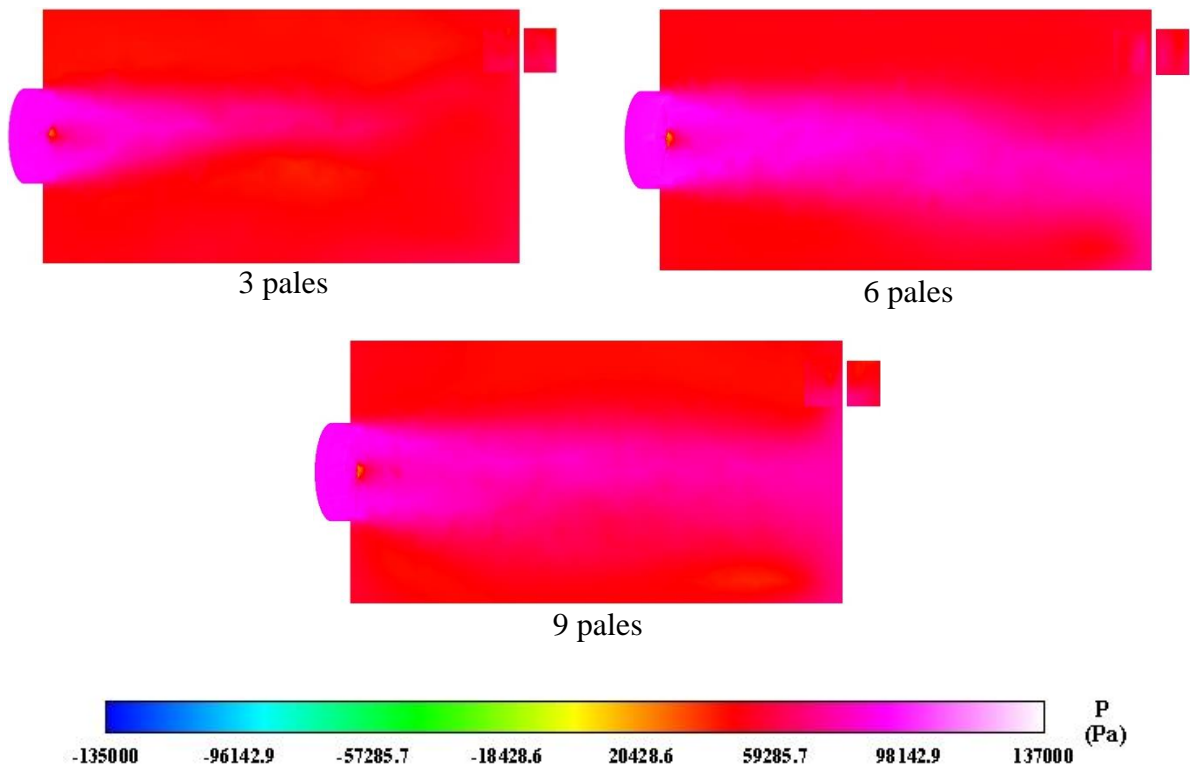


Figure 4.11. Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 25°

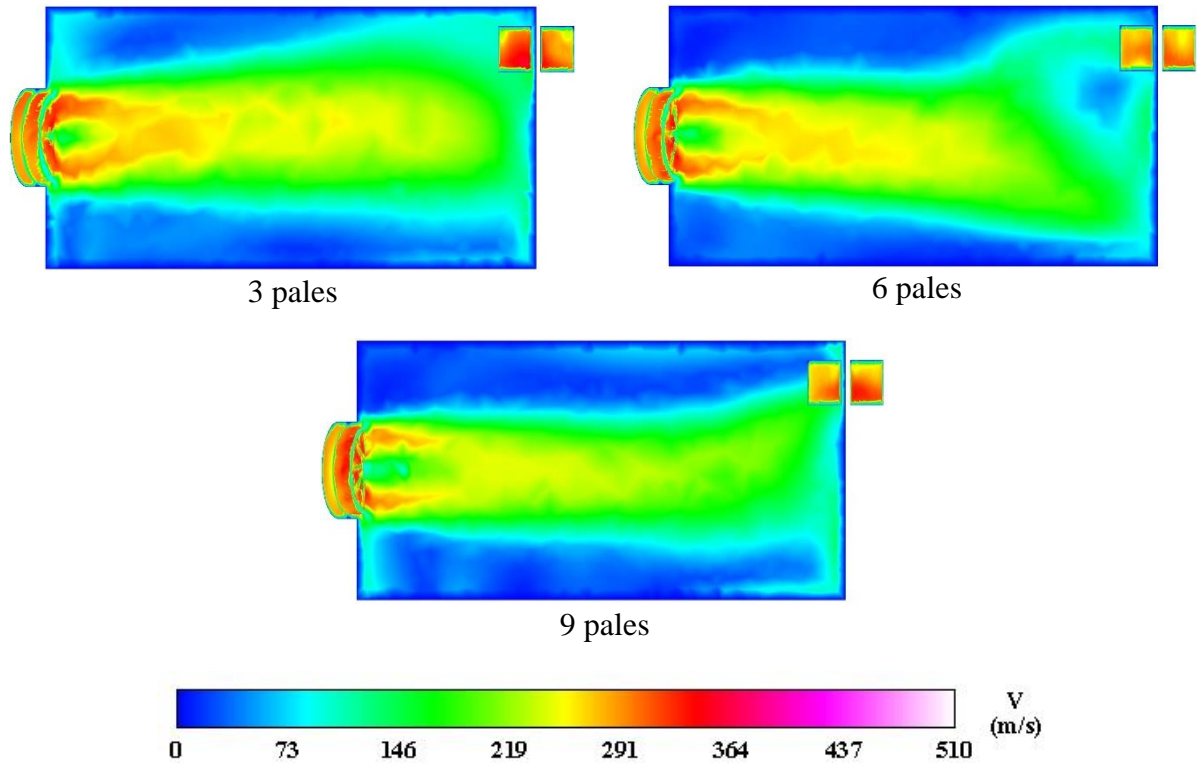


Figure 4.12. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 45°

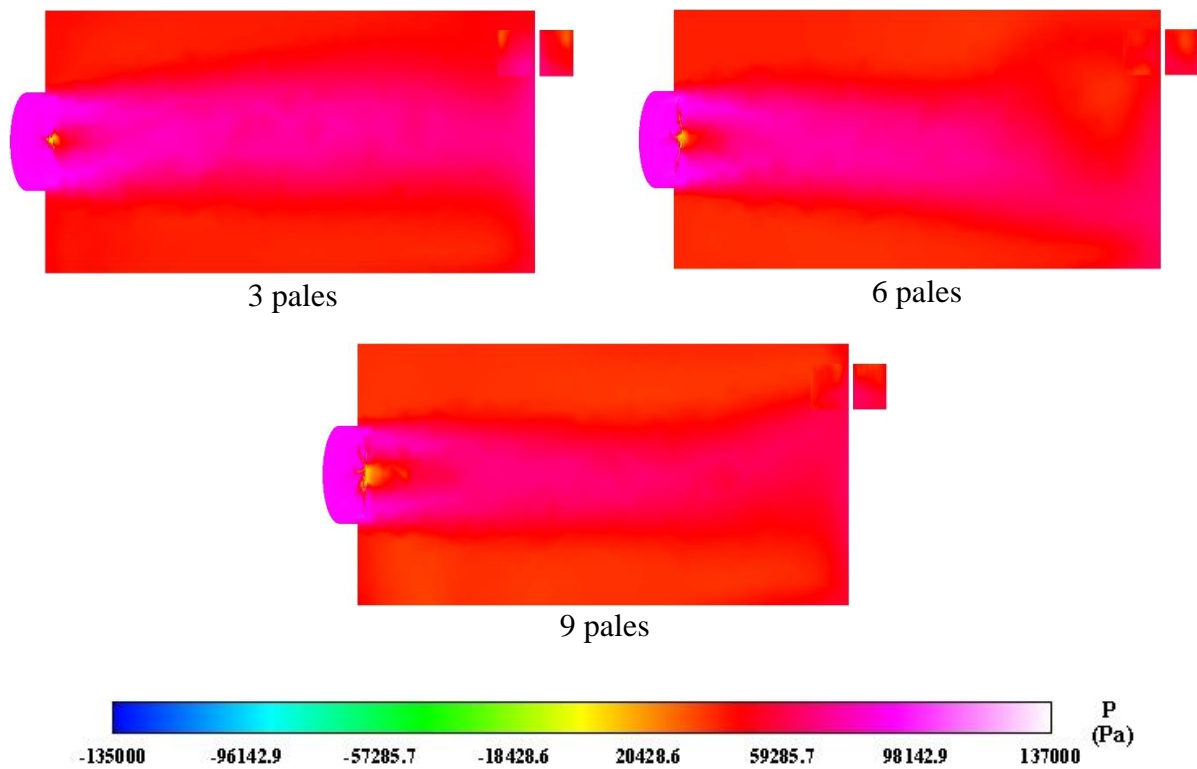


Figure 4.13. Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 45° .

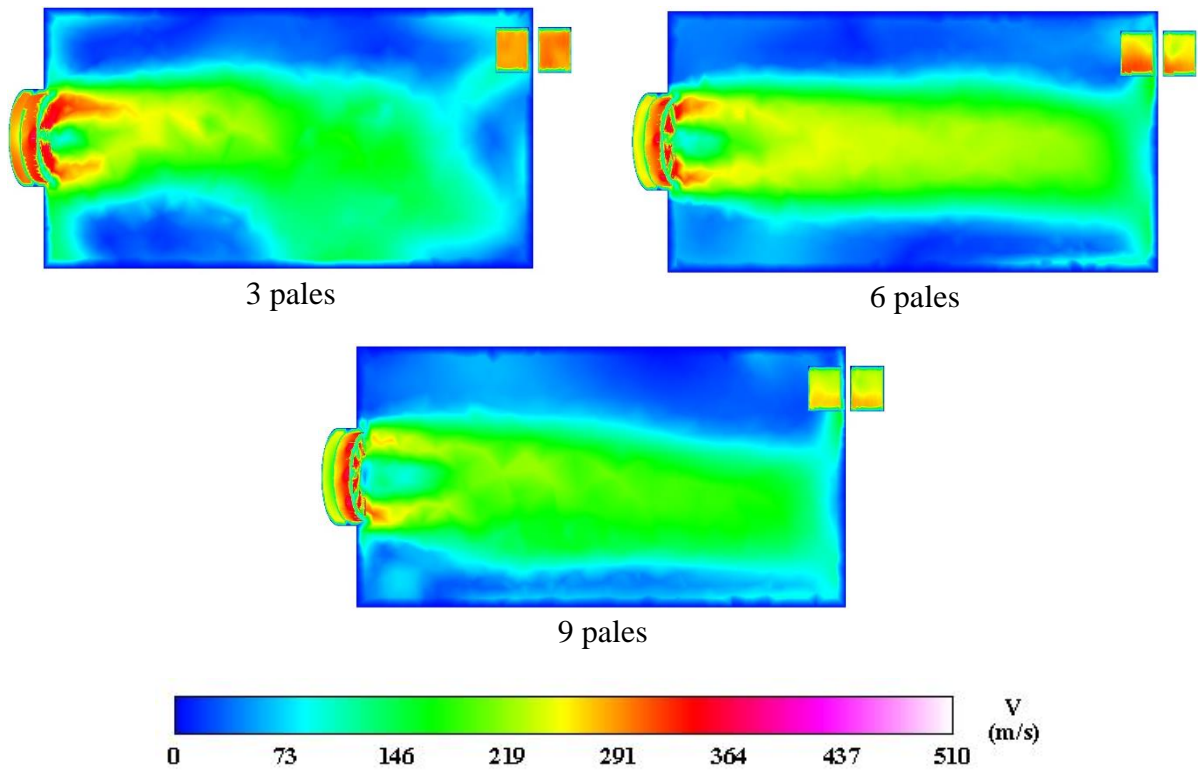


Figure 4.14. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 80° .

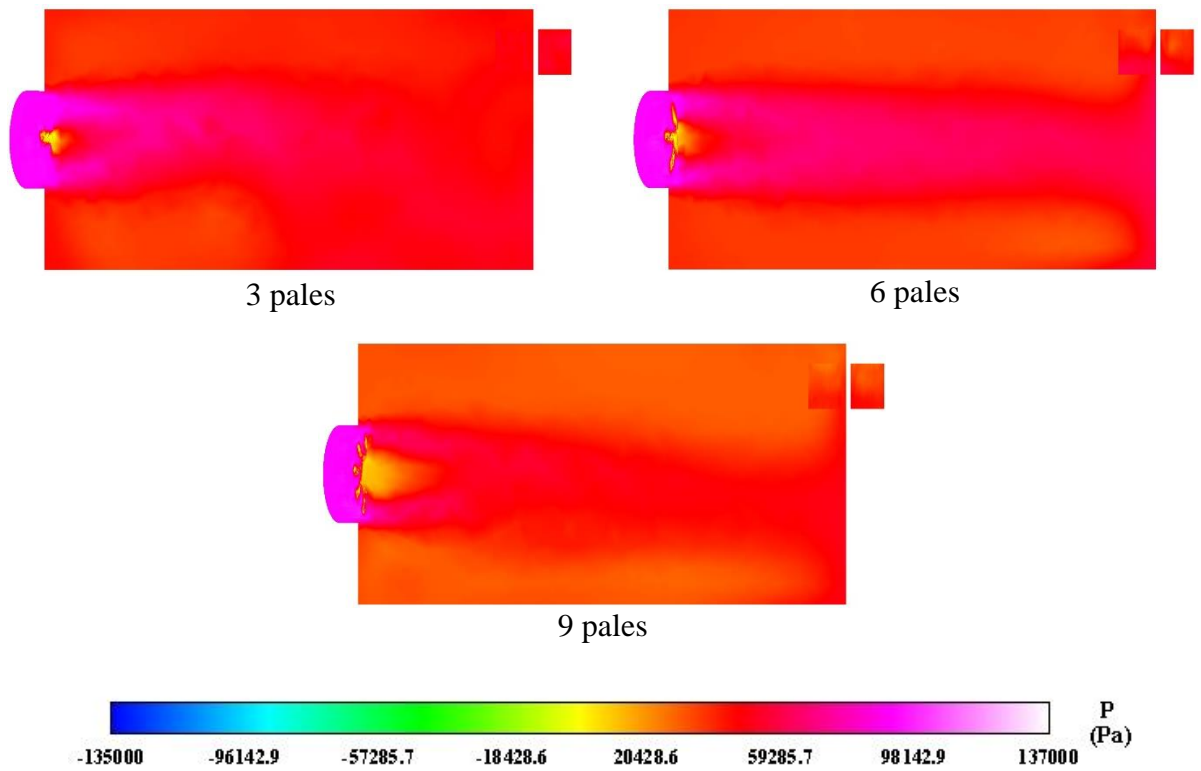


Figure 4.15. Champs des pressions pour un profil NACA 0012 de différents nombres de pale et avec un angle d'attaque 80° .

4.3.5. Effet de l'angle d'attaque de pales

Les figures (16 et 17) présentent l'effet de variation de l'angle d'attaque d'aube de ventilateur sur les champs de vitesse et de pression. En remarque que l'angle d'attaque des pales 45° et 80° affecte directement la vitesse de l'air générée par le ventilateur par rapport à l'angle 25° . Un angle d'attaque plus élevé entraîne une augmentation de la vitesse de l'air, tandis qu'un angle d'attaque plus faible réduit la vitesse. Cette variation de vitesse peut être observée dans les contours de vitesse, où un angle d'attaque plus élevé crée des régions de vitesse plus élevée et des gradients de vitesse plus importants.

L'angle d'attaque des pales peut également influencer l'endroit où l'aération se produit. Un angle d'attaque plus élevé peut générer un déplacement d'air plus direct et concentré dans une direction spécifique. Cela peut être bénéfique pour cibler des zones précises qui nécessitent une ventilation plus intense. À l'inverse, un angle d'attaque plus faible peut entraîner une diffusion plus large de l'air, permettant une couverture plus étendue.

Il est important de noter que l'angle d'attaque des pales doit être soigneusement optimisé en fonction des objectifs spécifiques de la ventilation. Un angle d'attaque trop élevé peut entraîner des turbulences excessives, des pertes d'efficacité ou des nuisances sonores, tandis qu'un angle d'attaque trop faible peut entraîner une performance aérodynamique réduite.

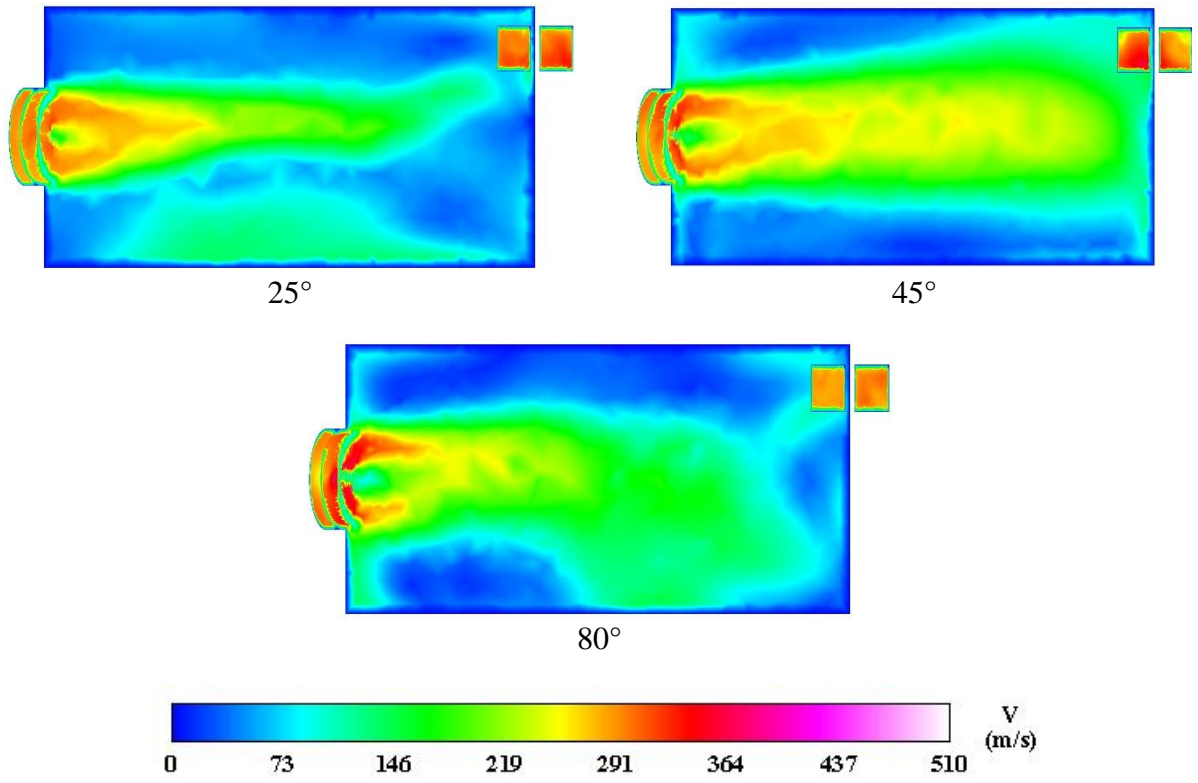


Figure 4.16. Champs des vitesses pour un profil NACA 0012 pour différents angle d'attaque de 3 pales

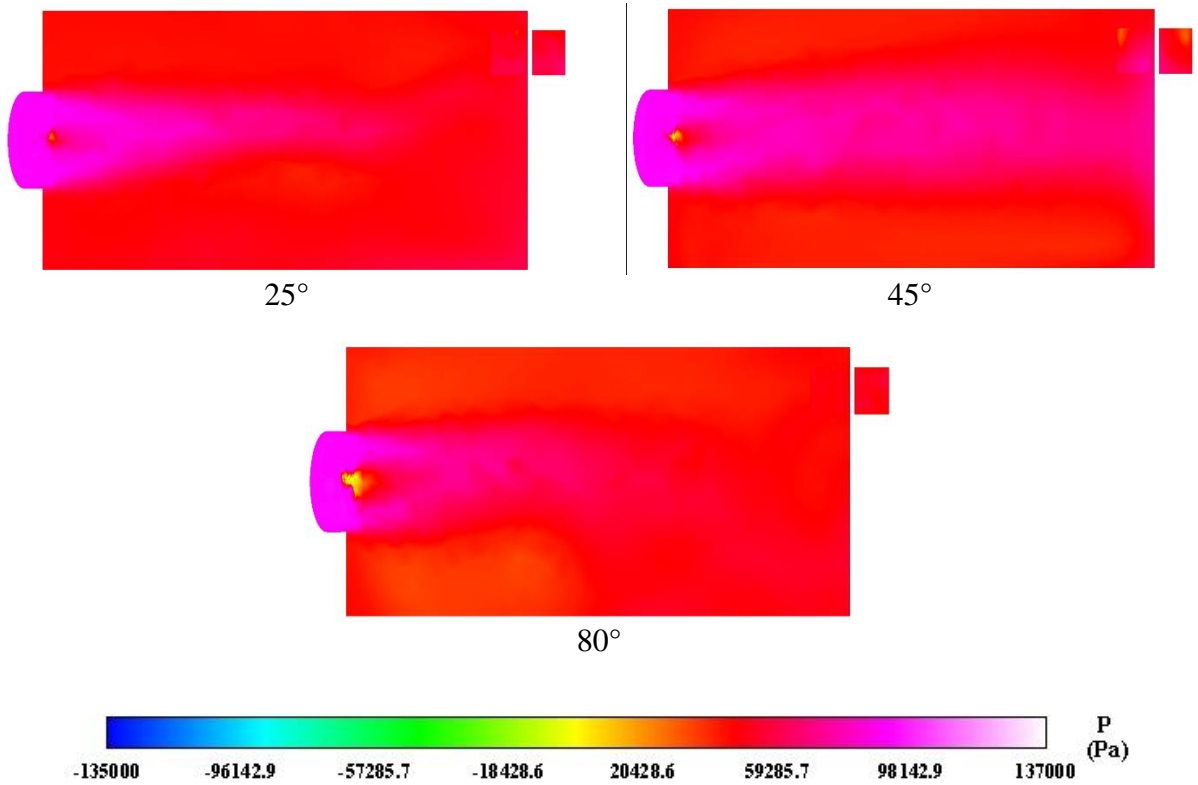


Figure 4.17. Champs des pressions pour un profil NACA 0012 pour différents angles d'attaque de 3 pales.

Tableau 4.1. Débit massique en (kg/s) pour différent angle et nombre de pales

N pales \ Angle	25°	45°	80°
3	629.2822	615.6439	600.4144
6	598.9803	594.4986	525.6193
9	588.827	581.6653	483.4032

Tableau 4.2. Débit massique (kg/s) pour un angle d'attaque égale 25°

N pales \ Angle	25°	45°
6	621.6622	631.2784

Tableau 4.3. Débit massique (kg/s) pour différent vitesse de rotation et angle d'attaque égale 25°

Vitesse de rotation (tr/min)	1200	800	400
3	629.2822	604.7299	589.0707

Tableau 4.4. Débit massique (kg/s) pour un diamètre égale 600 mm

N pales \ Angle	25°
3	209.0251

4.4. Conclusion

En conclusion, plusieurs facteurs influencent les champs de vitesse, de pression et l'endroit où l'aération se produit dans un ventilateur :

1) Le nombre de pales : Un nombre plus élevé de pales peut générer une distribution de vitesse plus uniforme et une pression plus élevée, mais peut également augmenter les turbulences et la résistance aérodynamique.

2) L'angle d'attaque des pales : Un angle d'attaque plus élevé peut augmenter la vitesse de l'air, la pression et concentrer l'aération dans des zones spécifiques, tandis qu'un angle d'attaque plus faible peut réduire ces paramètres et favoriser une diffusion plus large de l'air.

3) La vitesse de rotation des pales : Une vitesse de rotation plus élevée génère généralement une vitesse de l'air plus élevée, une pression plus importante et une aération plus directe, tandis qu'une vitesse de rotation plus faible a des effets opposés, favorisant une diffusion plus large.

4) Le profil des pales : Différents profils de pales peuvent influencer la distribution de vitesse, de pression et l'endroit où l'aération se produit. Chaque profil a ses caractéristiques aérodynamiques distinctes, ce qui peut avoir des conséquences sur les performances du ventilateur.

Il est essentiel de considérer ces facteurs lors de la conception et de l'optimisation des ventilateurs afin d'atteindre les performances aérodynamiques souhaitées. Des études expérimentales et des simulations numériques, telles que la méthode CFD, peuvent aider à évaluer et à ajuster ces paramètres pour répondre aux besoins spécifiques de ventilation, en optimisant la vitesse de l'air, la pression et la couverture de l'aération.

En combinant une compréhension approfondie de ces influences avec des techniques d'analyse avancées, il est possible de concevoir des ventilateurs plus efficaces, performants et adaptés aux applications spécifiques, qu'il s'agisse de refroidissement, de ventilation générale ou de systèmes de climatisation.

C onclusion Générale

Au cours de notre étude, on a entamé une vue générale sur la ventilation et on distingue ces trois modes, naturelle ; mécanique et mixte, mais on s'intéresse avec la ventilation mécanique et les ventilateurs sont le moyen de réaliser ce type,

Le ventilateur est l'outil qui nous permet de contrôler la distribution de l'air à l'intérieur les espaces cela nous permet également d'extraire l'air et de nous débarrasser de l'excès de chaleur, ainsi que de la poussière, pour assurer le confort des locaux, Parmi les nombreux types de ventilateurs couramment employés on s'intéresse avec les ventilateurs axiale

La simulation numérique dans ce mémoire a été réalisé par le logiciel ANSYS ICEM CFD basé sur la méthode des volumes finis, afin de choisir le meilleur profil pour fabriquer notre ventilateur\ extracteur d'air, on étudie l'effet de profil d'aube, diamètre de ventilateurs, vitesse de rotations, nombre de pales et l'angle d'attaque des aubes

Après la simulation et passent de la discrétisation du domaine d'étude (maillage de la géométrie), et la modélisation numérique des écoulements des fluide on trouve que :

- ✓ Un nombre de pales élevé également augmenter les turbulences et la résistance aérodynamique (meilleur nombre de pales 3)
- ✓ Angle d'attaque plus faible favoriser une diffusion plus large de l'air (meilleur angle 25)
- ✓ Vitesse de rotation plus faible favorisant une diffusion plus large (meilleur vitesse 1200rpm)
- ✓ Chaque profil a ses caractéristiques aérodynamiques distinctes

On a déterminé grâce à la simulation numérique le meilleur profil de cette étude le NACA0012 avec un angle d'attaque de 25° avec 3 pales

Ce profil nous offrons une meilleure distribution d'air avec moins de turbulence avec une diffusion large.

Figure .1 : Dessins de définition de profile NACA 63412 avec angle d'attaque égale 25°

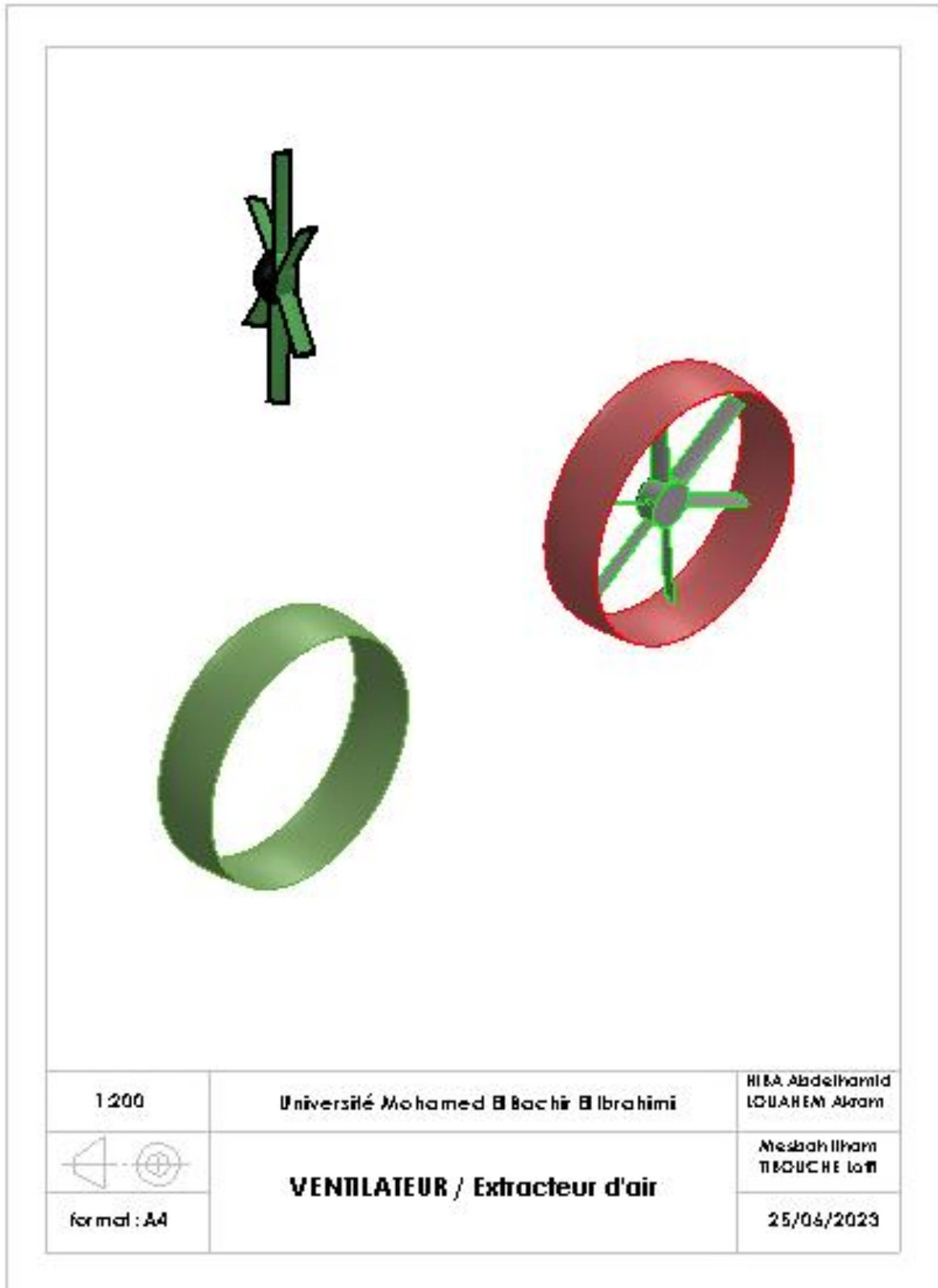


Figure .2 : Dessins de définition de profile NACA 63412 avec angle d'attaque égale 45°

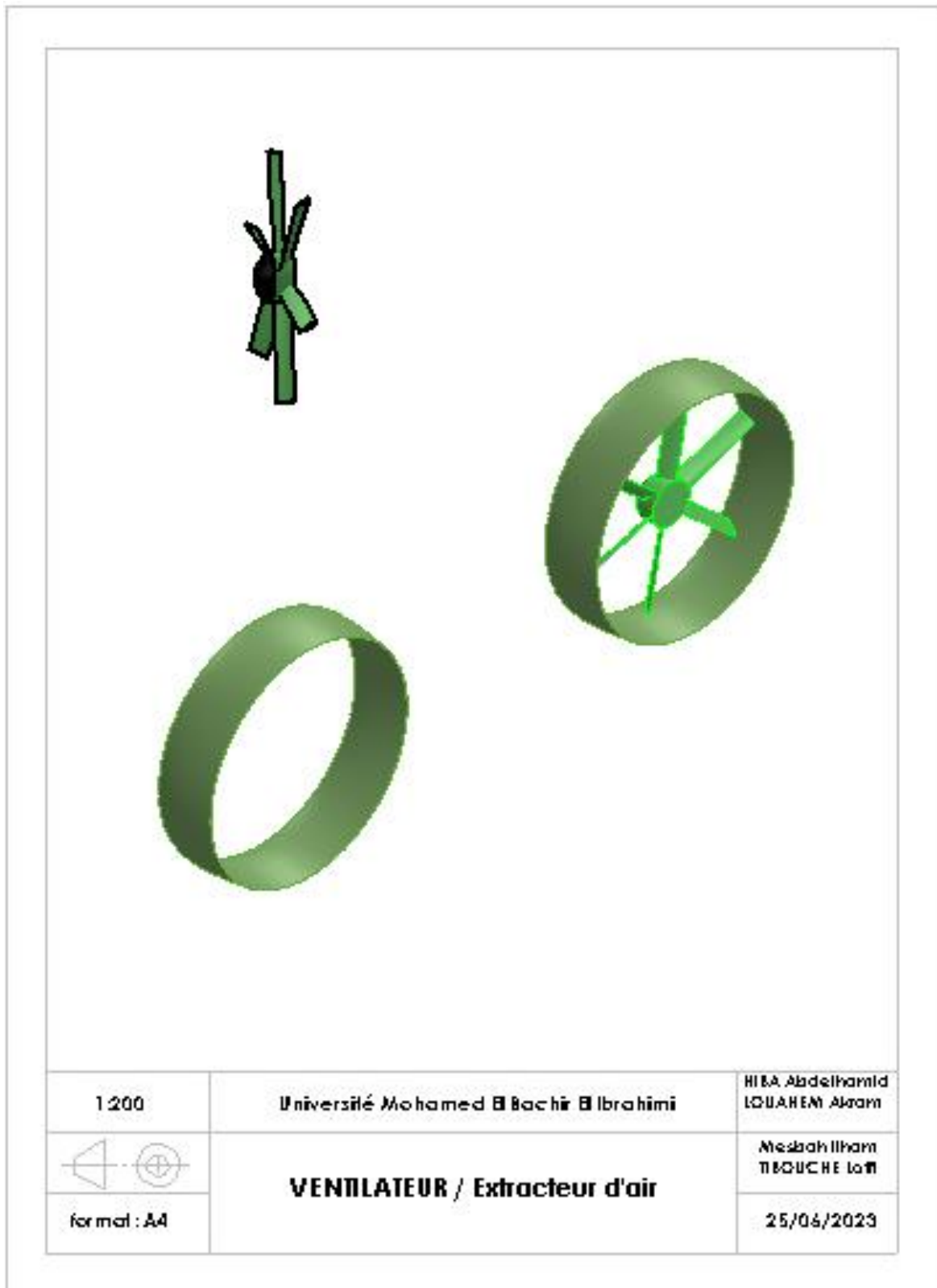


Figure .3 : Dessins de définition de profile NACA 0012 trois pales avec angle d'attaque égale 25°

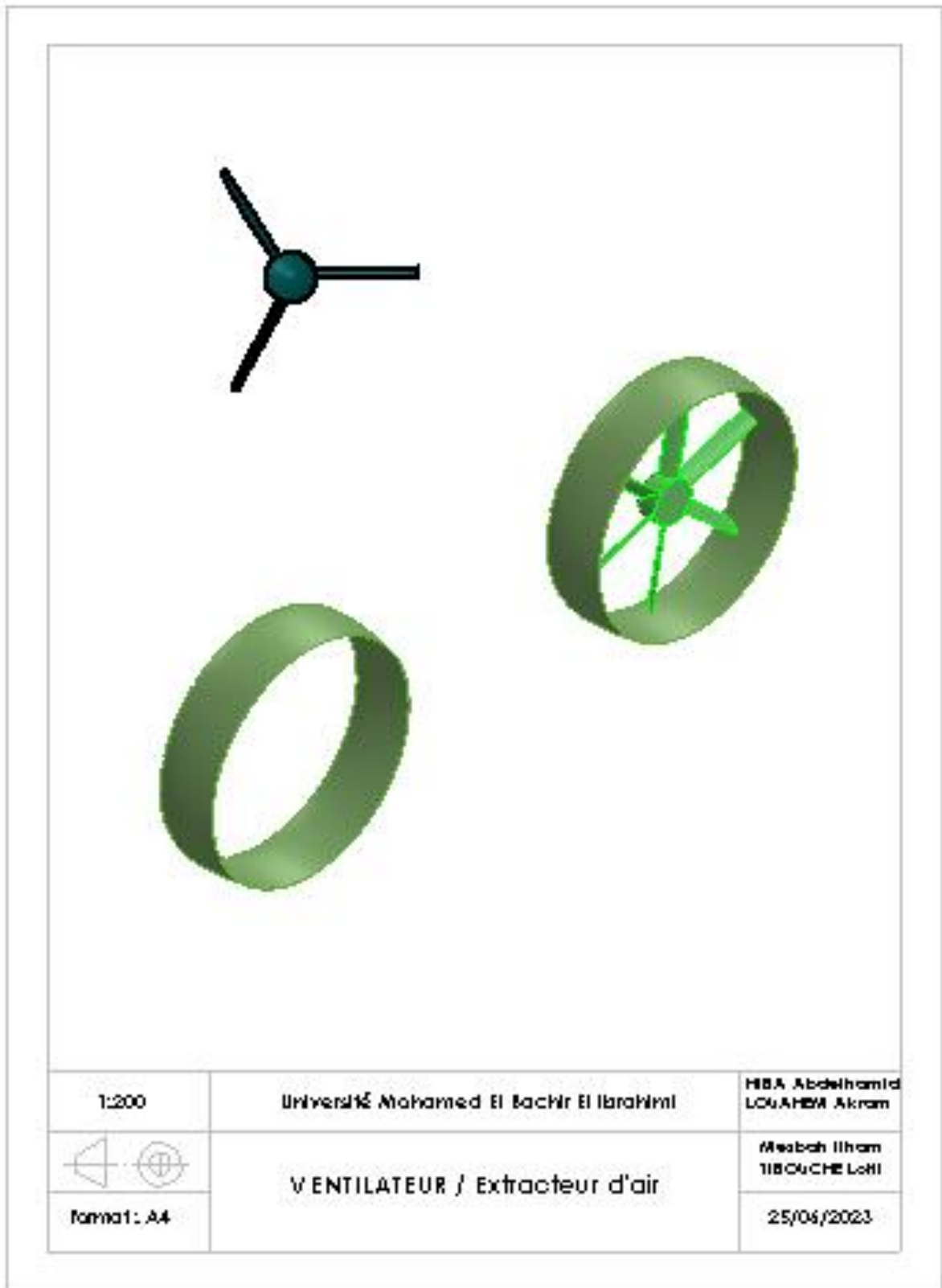


Figure .4 : Dessins de définition de profile NACA 0012 trois pales avec angle d'attaque égale 45°

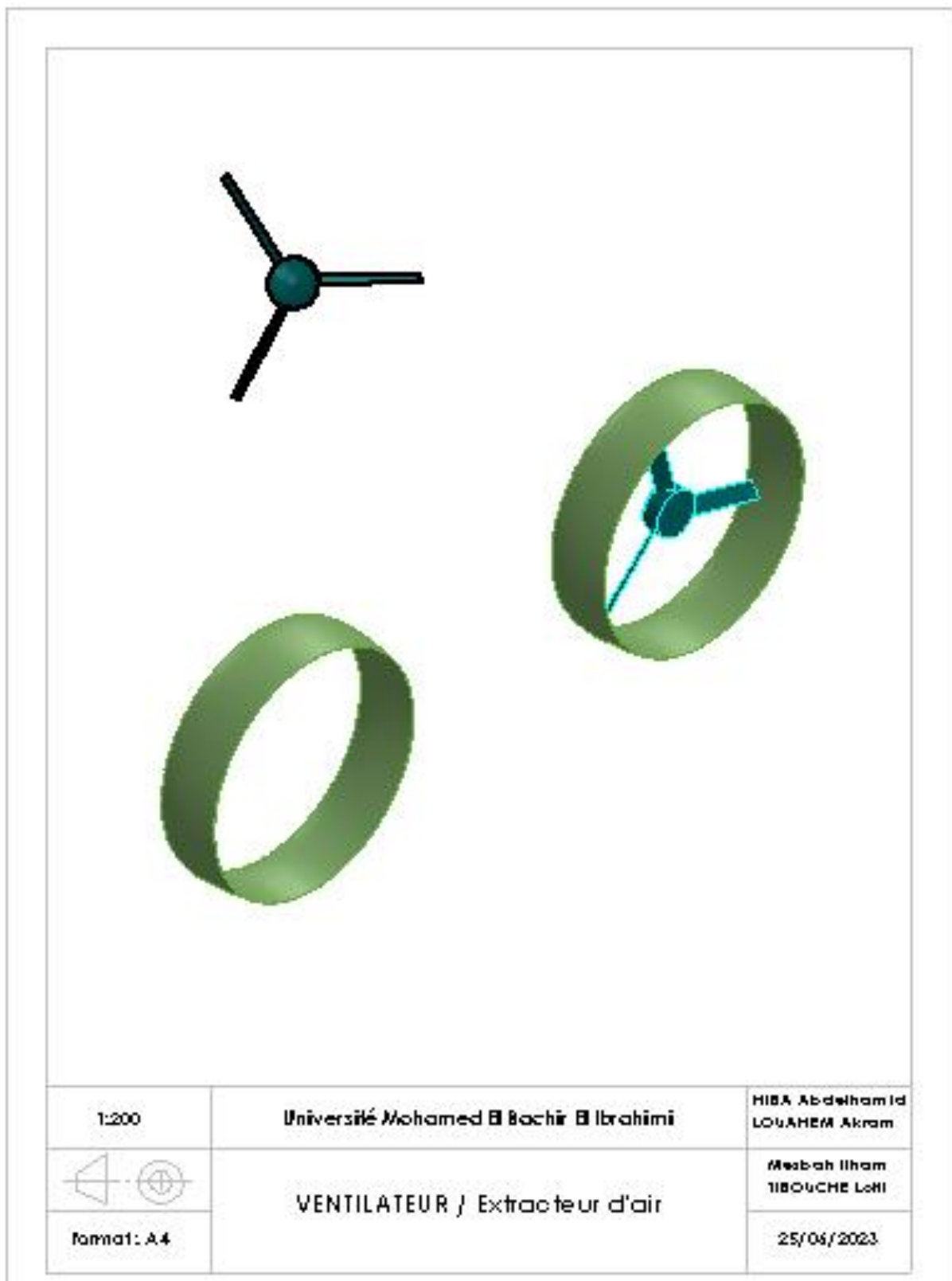


Figure .5 : Dessins de définition de profile NACA 0012, 3 pales avec angle d'attaque égale 80°

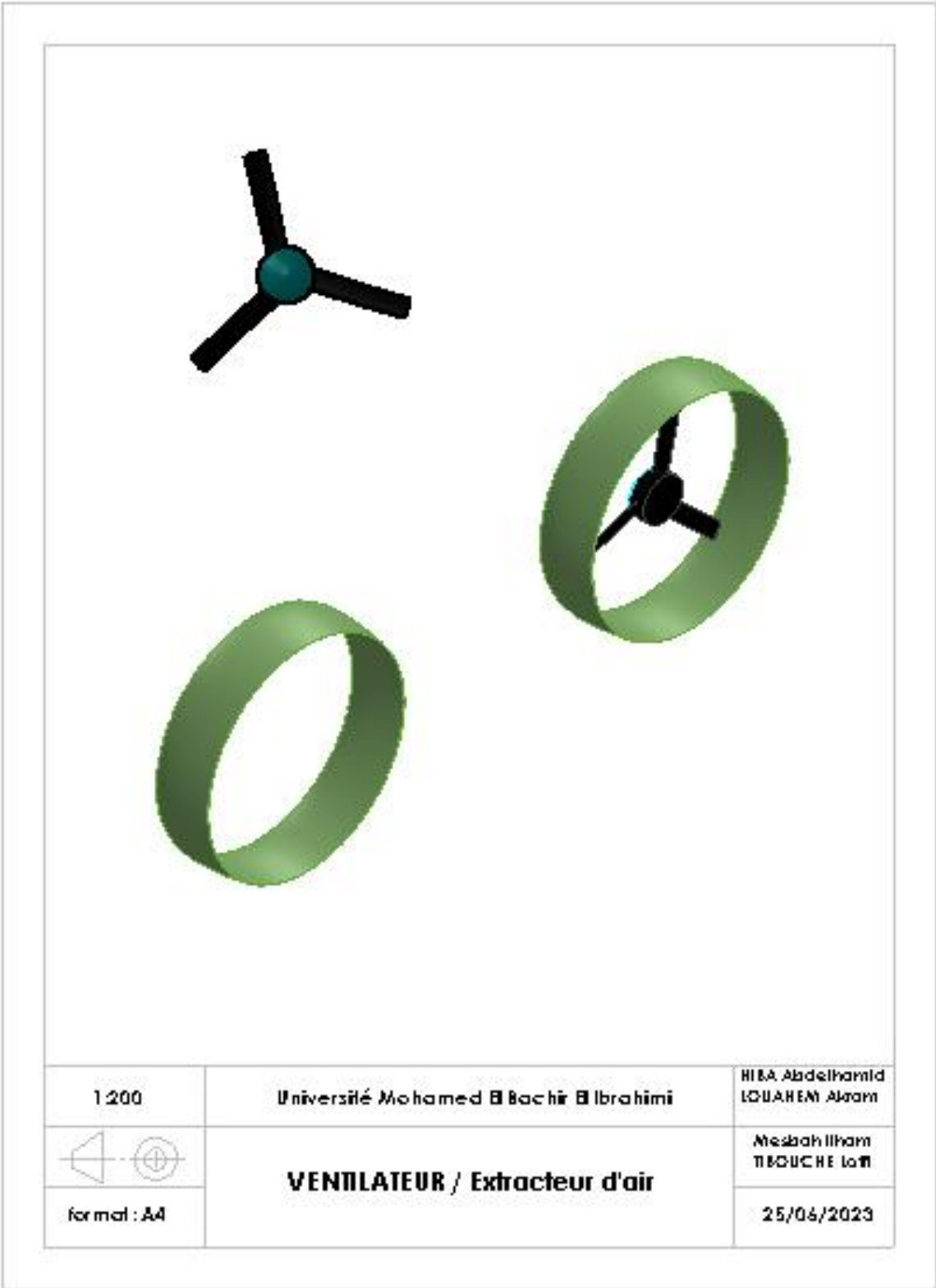


Figure .6 : Dessins de définition de profile NACA 0012, 6 pales avec angle d'attaque égale 25°

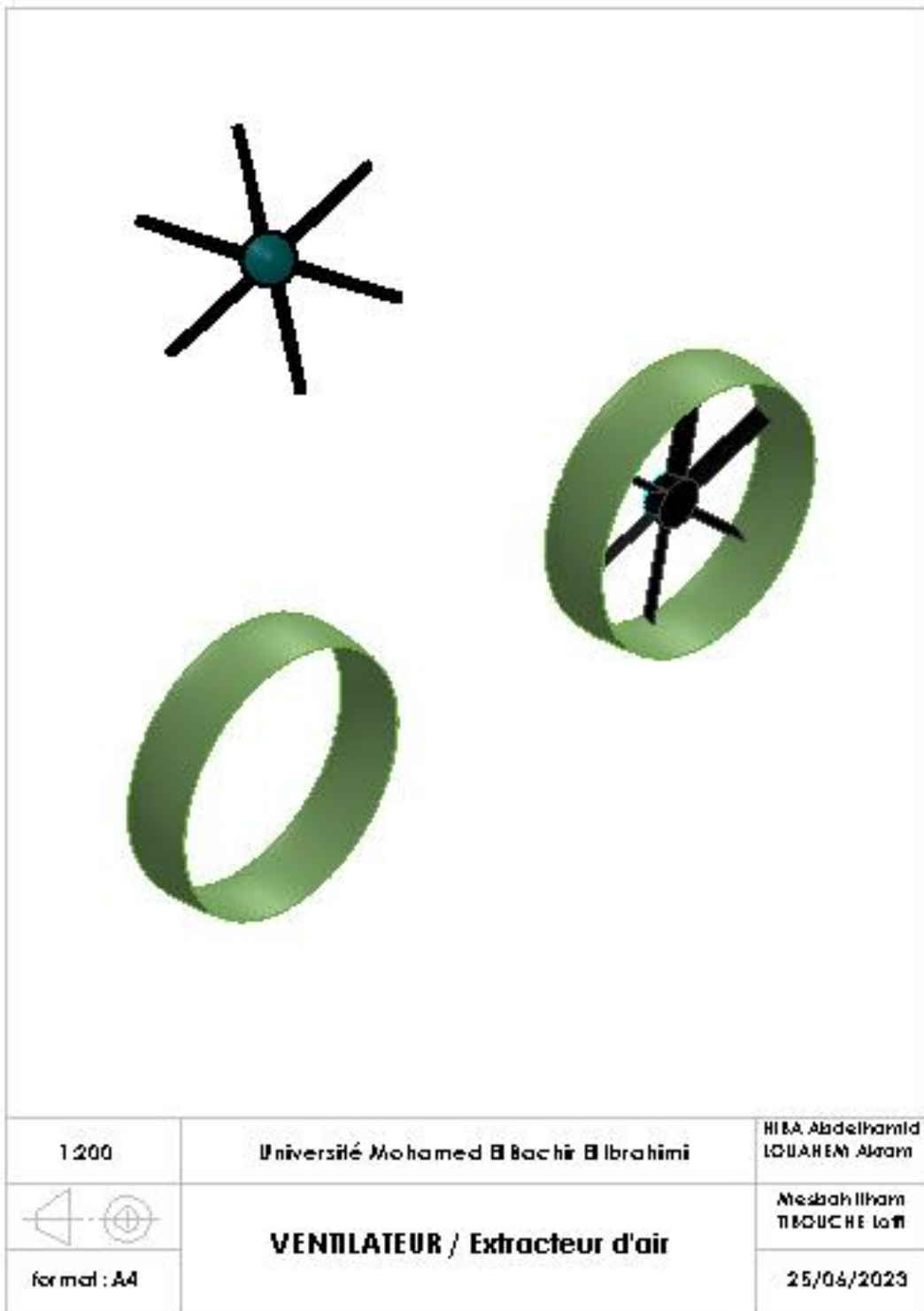


Figure .7 : Dessins de définition de profile NACA 0012, 6 pales avec angle d'attaque égale 45°

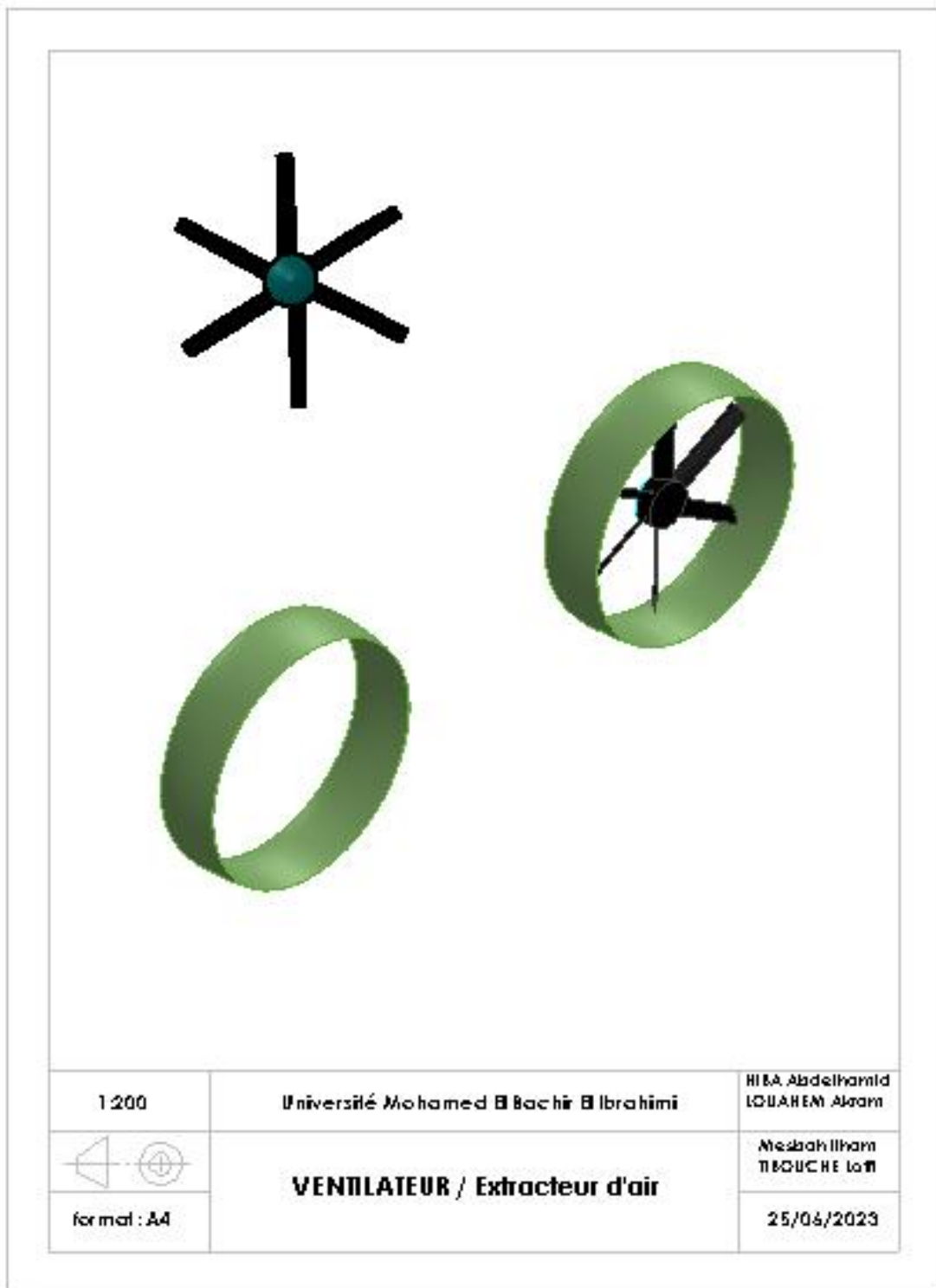


Figure .8 : Dessins de définition de profile NACA 0012, 6 pales avec angle d'attaque égale 80°

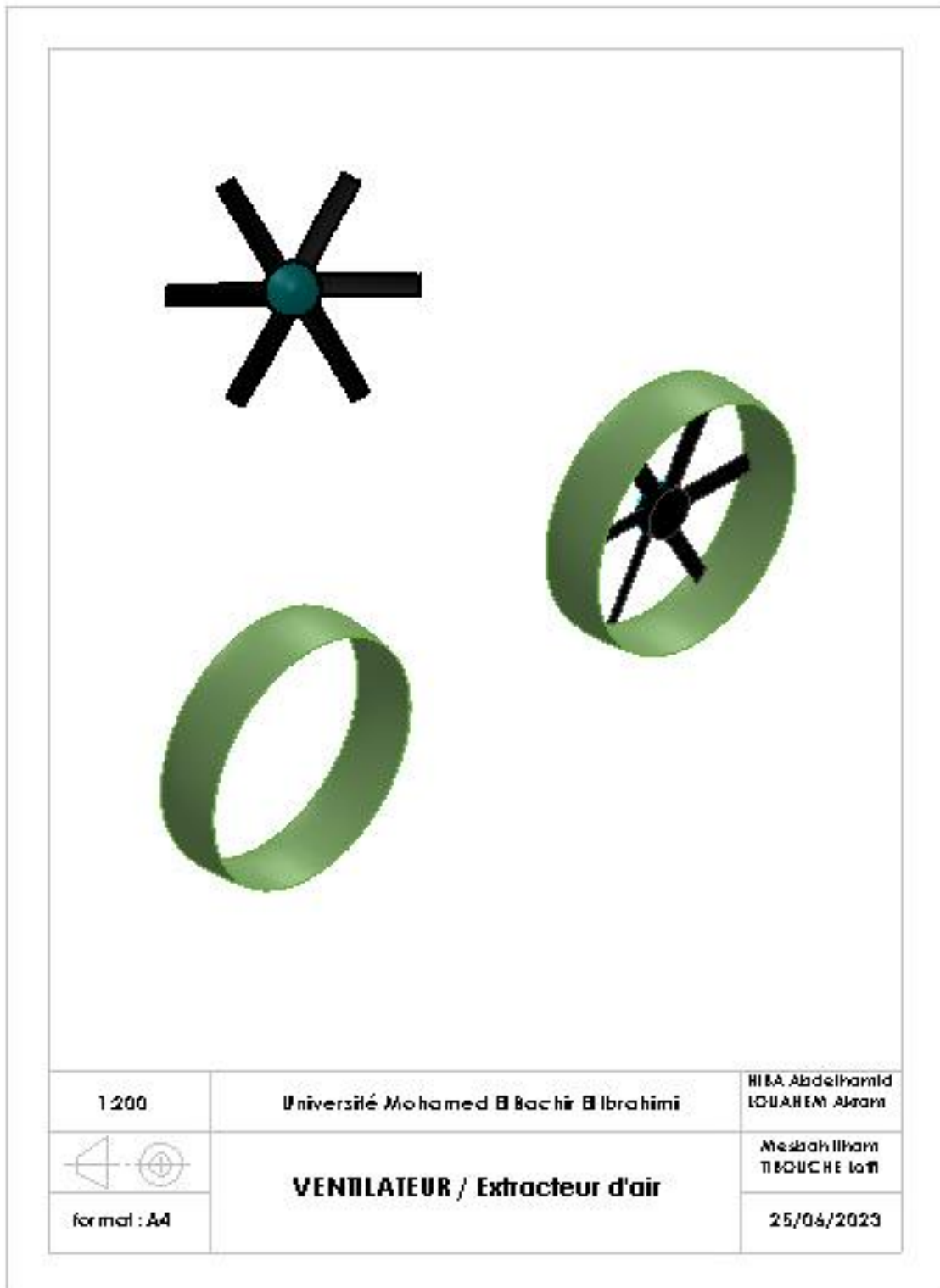


Figure .9 : Dessins de définition de profile NACA 0012, 9 pales avec angle d'attaque égale 25°

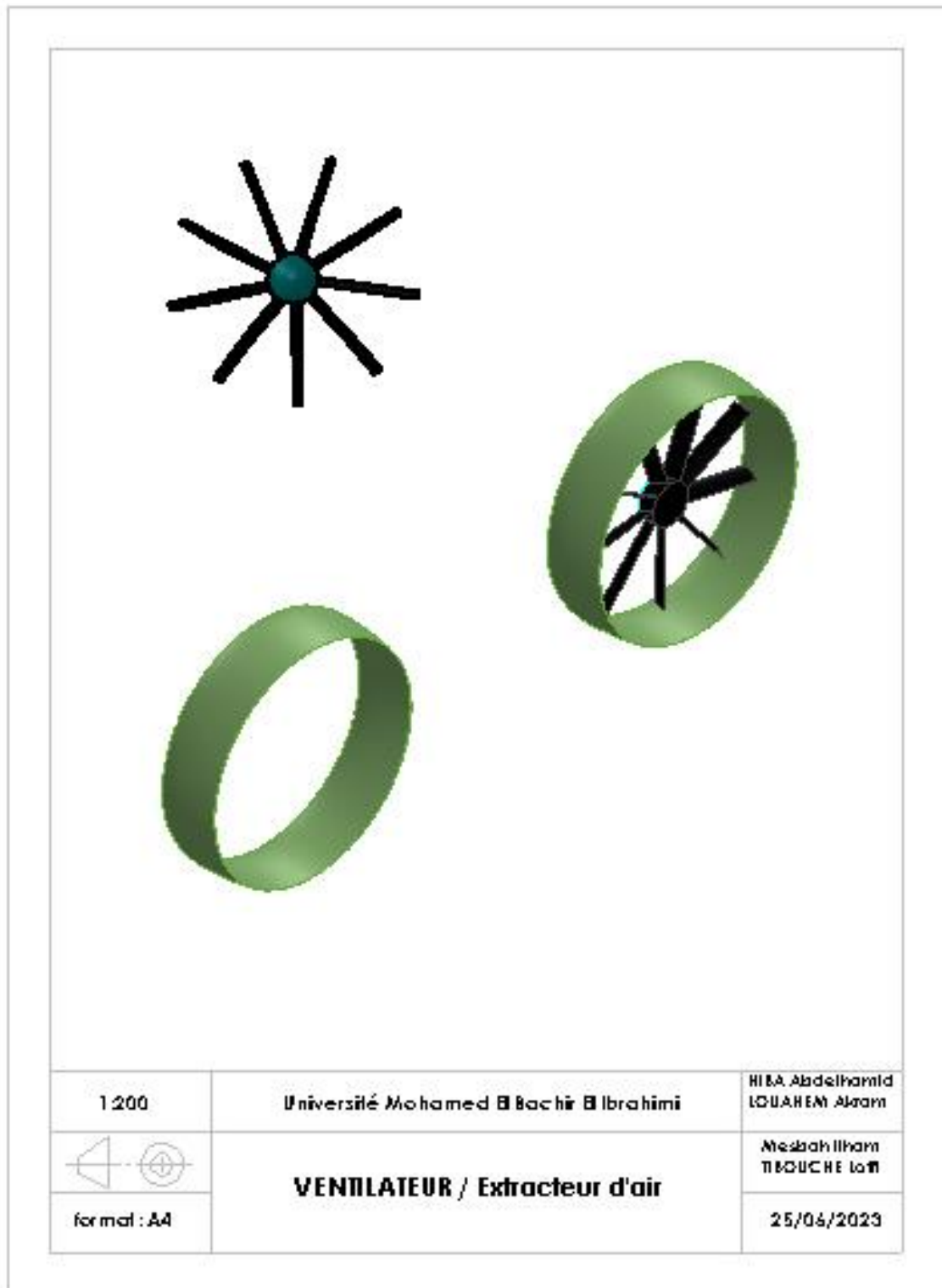


Figure .10 : Dessins de définition de profile NACA 0012, 9 pales avec angle d'attaque égale 45°

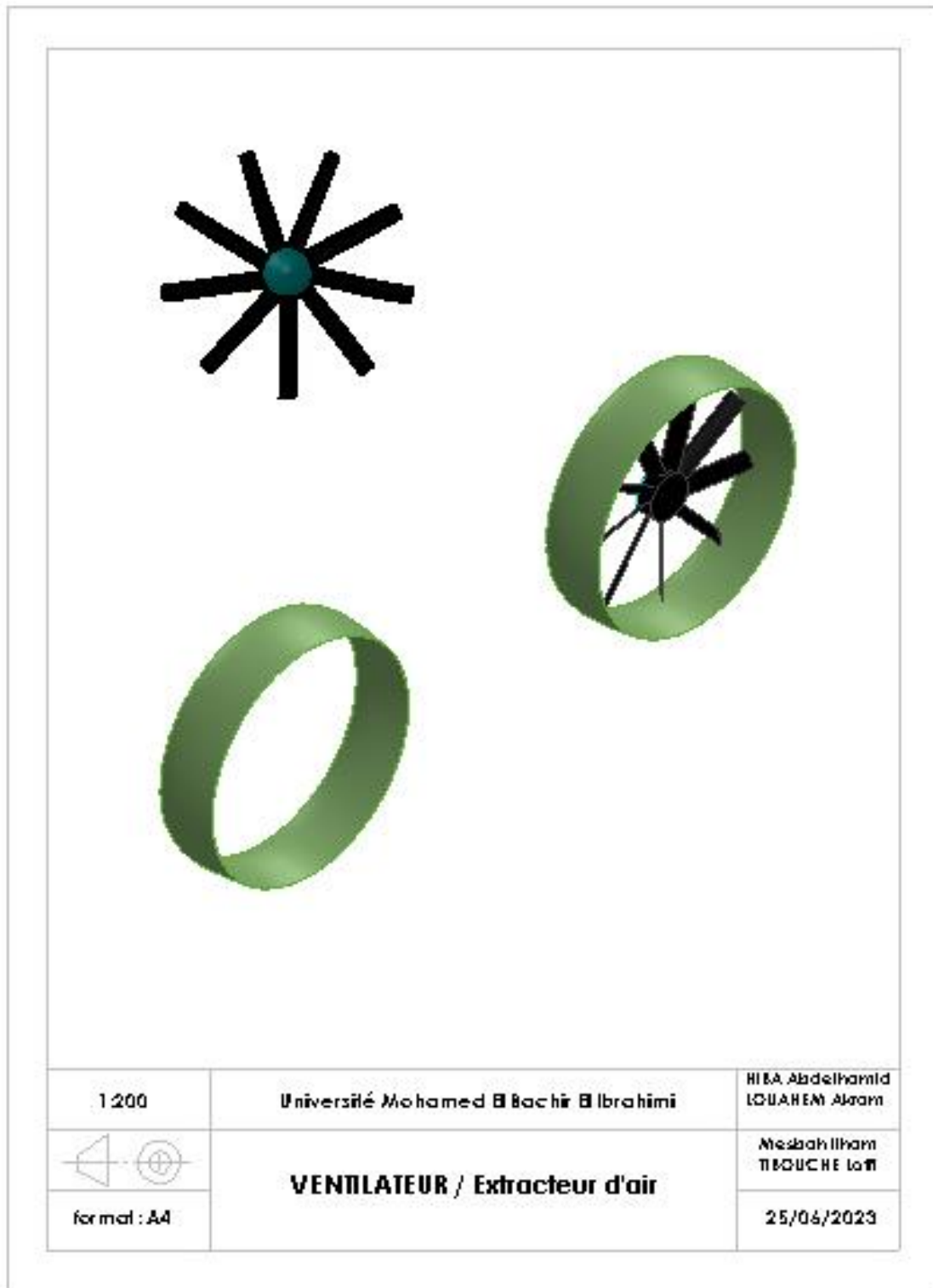


Figure .11 : Dessins de définition de profile NACA 0012, 9 pales avec angle d'attaque égale 80°

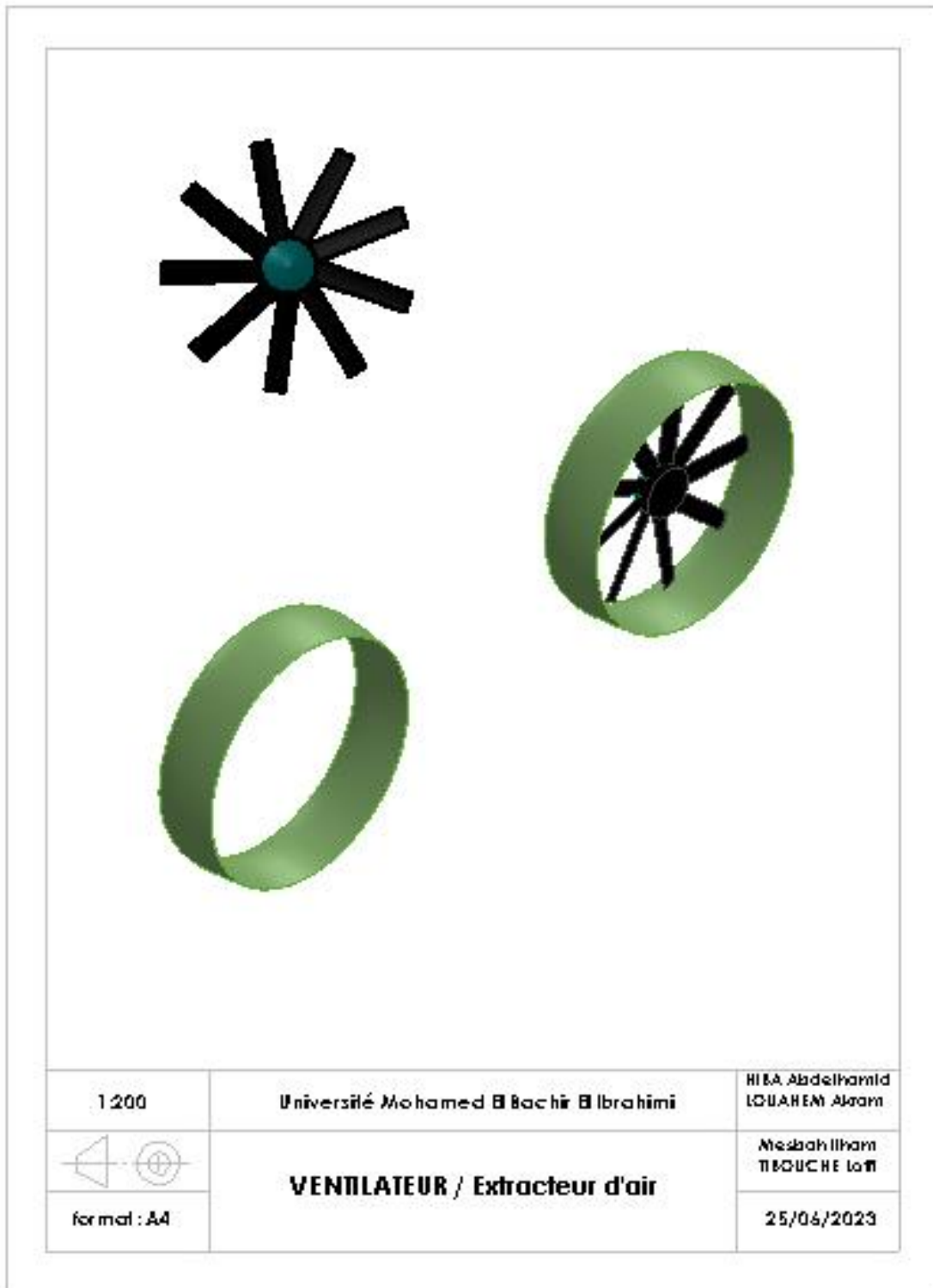
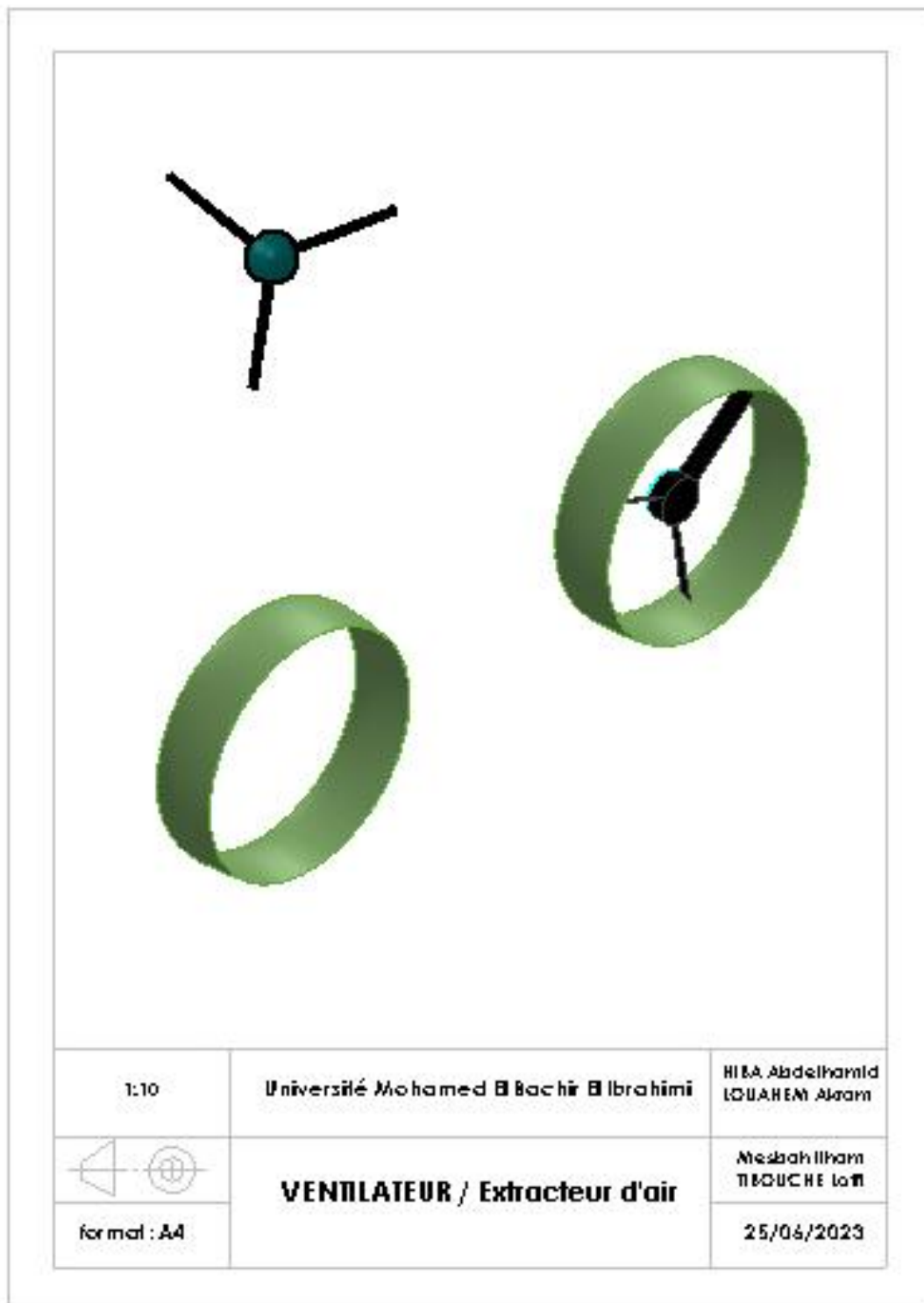


Figure .12 : Dessins de définition de profile NACA 0012, diamètre = 60 cm avec angle d'attaque égale 25°



République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi

Titre de projet

Projet de fabrication des ventilateurs/ extracteurs d'air industriel

Un projet d'obtention d'un label startup dans le cadre de la Résolution
ministérielle 1275

Le nom commercial

EXTRAVENT

Logo commercial



Annee universitaire

2022-2023

Carte d'information

1- Équipe d'encadrement

Équipe d'encadrement	
Encadrant : Dr. LYAMINE Saidani	Spécialité : Génie mécanique (construction)
Co-encadrant : Dr. BELFEGAS Billal	Spécialité : Génie mécanique (Energétique)
Co-encadrant : Prof. TAYEBI Tahar	Spécialité : Génie mécanique (Energétique)

2- Équipe de projet

Équipe de projet	Faculté	Spécialité
Étudiant 01: HIBA Abdelhamid	Science et de la technologie	Génie mécanique (Energétique)
Étudiant 02 : LOUAHEM Akram	Science et de la technologie	Génie mécanique (Energétique)
Étudiant 03 : MESBAH Ilham	Science et de la technologie	Génie mécanique (Energétique)
Étudiant 04 : TIBOUCHE Lotfi	Science et de la technologie	Génie mécanique (Energétique)

Sommaire

Première axe : présentation de projet	1
1. L'idée de projet (solution proposée)	1
a) Phase de conception	1
b) Phase de mise en œuvre	2
2. Les valeurs proposées :	2
3. Equipe de travail :	3
4. Objectifs du projet	4
Deuxième axe : analyse stratégique du marché	5
1. Le segment de projet	5
2. Mesure de l'intensité de la concurrence.....	5
3. La stratégie de marketing	5
Troisième axe : plan de production et d'organisation	7
1. Le processus de production	7
2. L'approvisionnement	8
3. La main d'œuvre	8
4. Les principaux partenaires.....	9
Cinquième axe : Plan financier	10
1) Les matières premières de produit	10
2) Salaire des employées.....	10
3) Les équipements	11
4) Divers.....	11
5) Chiffre d'affaires	11
6) Les Comptes de résultat.....	12
a) Tableau des charges.....	12
b) Tableau des bénéfices	12
Business Model Canvas	14
Résumé	Erreur ! Signet non défini.

Première axe : présentation de projet

1. L'idée de projet (solution proposée)

Dans l'industrie et l'agriculture, le manque d'air frais dans les locaux de production est l'un des problèmes très reconnu.

Les systèmes d'aération sont utilisés pour maintenir les normes de ventilation de l'air des locaux industriels, afin d'avoir un air frais et sans poussière et assurons qu'il est bien distribué. Ceci est très important en termes de conditions de travail confortables pour les usines dans le domaine industriel et dans l'aviculture dans le domaine agricole à cause de ses avantages:

- ✓ Obtenir une grande quantité d'air propre
- ✓ Contrôler le mouvement d'air
- ✓ Obtenez des conditions confortables

La ventilation a une incidence sur la qualité de l'air intérieur, la température et l'humidité relative, car elle affecte les taux de poids cibles et la santé générale des oiseaux et, par conséquent, la baisse ou l'absence de rentabilité économique du projet.

Dans le marché algérienne ces systèmes de ventilation sont importés fabriqués totalement avec des prix élevés et des choix très limités, C'est pourquoi nous avons décidé de fabriquer ce produit en raison de la disponibilité de toutes les capacités

En se basant sur ces informations, nous allons réaliser un extracteur d'air dont la réalisation se fait en deux étapes :

a) Phase de conception

Il est nécessaire de créer un design pour l'extracteur d'air et d'étudier attentivement les besoins de ce produit en utilisant des logiciels spéciaux tel que le *SOLIDWORKS* pour la conception et *ANSYS* pour la simulation. Les mesures recommandées, les dimensions du produit, la structure extérieure et le nombre des pales sont limités et ces caractéristiques varient selon les besoins du client.

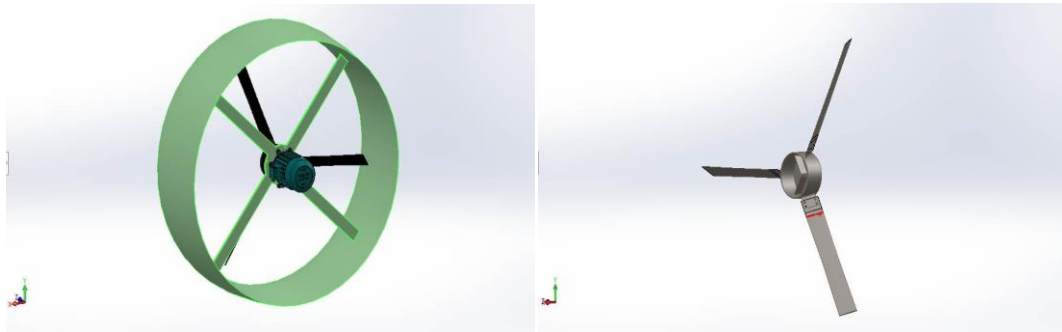


Figure : profil de notre produit

b) Phase de mise en œuvre

Au cours de ces étapes nous choisirons la matière première qui nous permet de réaliser la conception et de la fabriquer dans des étapes qui garantissent l'obtention d'un produit avec les meilleures normes et les coûts les plus bas

2. Les valeurs proposées :

Les propriétaires des projets industriel et agricole souffrent de nombreux problèmes :

- ✓ Le prix élevé du produit en raison de l'importation.
- ✓ Le mauvais produit qui disponible sur le marché
- ✓ Manque des services après-vente
- ✓ La limitation des modèles
- ✓ Le manque de contrôle a distances dans le produit et les systèmes d'alarme
- ✓ Le besoin du système d'humidification dans certain activité agricole

Pour ce faire, nous proposons une série d'améliorations et de mises à jour sur ce produit :

- ✓ Créer un bon produit avec des compétences mondiales grâce à des programmes spéciaux fournis par les membres de l'équipe
- ✓ Fait des conceptions spécialisées selon les besoins de nos clients
- ✓ Nous offrons le Contrôle à distance de l'appareil et la possibilité de régler tous les paramètres sans déplacer aux locaux
- ✓ On ajoute un système d'humidification intégré dans l'appareil

- ✓ Service d'installation et de suivi technique avec garantie.
- ✓ Fournir un service de livraison au client.
- ✓ Prix compétitif important.

3. Equipe de travail :

L'équipe est composée de 3 parties principales l'équipe de travaille répartissent leurs tâches selon la classification suivantes

- Direction et développement de l'entreprise, , monsieur **SAIDANI Lyamine**, est responsable de l'élaboration des plans stratégiques de la société, Il a expliqué l'importance des services offerts par l'entreprise aux clients devant l'équipe de travail, l'incitation à la meilleure offre et la création d'un environnement de travail approprié, il est responsable de l'organisation des réunions avec les investisseurs pour le financement nécessaire et de la communication avec les fondateurs de la société en cas de problème. Monsieur **BELFEGAS Billal**, il est responsable de la mise en place d'une stratégie pour le développement et le développement de la société, comment développer le produit pour répondre à ces besoins, ce qui aide à construire de bons plans de marketing et à atteindre la croissance.
- La conception et la production pour HIBA **Abdelhamid** comme un responsables de processus de conception, grâce à ça grande connaissance dans le domaine des logiciels de conception, et **MESBAH Ilham** comme une responsable de production à cause des connaissances dans le domaine de production dans ces différentes étapes
- Vents, gestion de stock et marketing pour **LOUAHEM Akram** comme un gestionnaire de stock et un responsables des ressources, il a expérience domaine des vents et la recherches des fournisseurs et matière première ; **TIBOUCHE Lotfi** comme un représentant des ventes et définit les moyens de les exploiter, En plus de collaborer avec le directeur marketing pour élaborer des plans de marketing et proposer des solutions et des options alternatives. parce qu'il a plusieurs expériences dans le domaine des ventes et du marketing, ainsi que la gestion des sites et des réseaux sociaux de notre entreprise

4. Objectifs du projet

Ce projet vise :

- ✓ La restriction de l'importation de ce produit
- ✓ Fournir un produit de haute qualité et à moindre coût répondant aux besoins des clients.
- ✓ Obtenir une part du marché de ce produit.
- ✓ Entamé le marché mondiale plu tard
- ✓ Offrir des postes de travail

Deuxième axe : analyse stratégique du marché

1. Le segment de projet

- Le marché potentiel : Propriétaires d'usines et de projets d'agriculture

- Le marché cible : Propriétaires de petits projets dans le domaine d'agriculture, tels que l'aviculture, la culture sous serre.



Ce segment a été choisi en raison de

- ✓ Cause financière : la capacité limitée des propriétaires des petits projets qui peut être un avantage pour nous, parce que ils préfèrent d'acheter un produit à petit prix et leur besoin de notre produit pour assurer le confort de leurs locaux
- ✓ Des raisons économiques : pour réduire l'importance de ce produit
- ✓ Afin de réaliser un bénéfice en raison de la facilité de commercialisation de ce produit

2. Mesure de l'intensité de la concurrence

Les concurrents les plus importants sur le marché algérien sont les importateurs de ce produit.

Parmi leurs atouts, l'occupation totale de marché, la confiance des clients des marques internationales et le grand capital.

Parmi leurs points faibles, le coût élevé, ils sont limités avec des modèles de la maison productrice, et le service après-vente.

3. La stratégie de marketing

Pour la commercialisation de notre produit, nous appuyons sur la commercialisation à prix compétitif qui attire le client, notre stratégie visant à attirer les jeunes propriétaires des petits investissements à partir des réseaux sociaux.

La participation dans les foires agricoles et industrielles peut également promouvoir notre produit d'une façon plus rapide.

Enfin, la relation avec le client ; en offre à nos clients une installation gratuite et une maintenance périodique de la part de nos techniciens, aussi en mettant à leur disposition le site internet afin de recevoir leurs réclamations et répondre à ces questions.

Troisième axe : plan de production et d'organisation

1. Le processus de production

On peut résumer le processus de production dans 6 étapes principales :

- ✓ La conception : dans cette étape, nous recevons la demande du client, déterminons ses besoins, ensuite on fait la conception de produit qui répond aux conditions dans lesquelles il va travailler



- ✓ L'achat de la matière première : après l'étape de conception, nous passons à l'achat de la matière première et de divers outillages électriques et électroniques qui nous aident à fabriquer comme les moteurs électriques, les capteurs les outils d'assemblage et les matériaux de fabrication de ventilateurs et de ca cage



- ✓ Fabrication : dans cette étape on fabrique les éléments principaux de notre produit suivant la chaîne de production en assurant une meilleure qualité.
- ✓ Assemblage : nous assemblons les pièces pour obtenir le produit final.
- ✓ Contrôle de qualité : c'est l'étape la plus importante dans le processus pour assurer la qualité de notre produit.
- ✓ L'emballage : emballage et conditionnement du produit.
- ✓ La livraison : l'un des avantages de notre projet c'est que nous assurons la livraison à domicile du produit.
- ✓ Le service après-vente : cette étape comprend l'installation du produit à l'endroit spécifié et l'entretien périodique, et c'est l'un des avantages du projet.

2. L'approvisionnement

Dans le processus de financement, nous nous appuyons sur des relations directes avec des usines produisant des outils électriques et électroniques, ainsi que des producteurs de matériaux utilisés pour la fabrication de notre produits, ce qui nous permettra de les obtenir à des prix raisonnables et de vendre le produit à un prix compétitif.

Il est possible de signer des contrats permanents avec les fabricants afin d'assurer la disponibilité des matières premières.

3. La main d'œuvre

Notre usine à besoin de 6 employés au démarrage. Ce projet crée des emplois, principalement pour des personnes très qualifiées et des ingénieurs qui n'ont pas eu la possibilité de travailler, et cela est dû à la sensibilité de toutes les étapes de fabrication et à notre besoin de fournir une grande précision afin d'obtenir un produit algérien de qualité internationale. Après le développement de notre projet, et lorsque nous serons en mesure d'ouvrir plusieurs ateliers affiliés et à notre activité commerciale, nous contribuerons à réduire considérablement le taux de chômage.

4. Les principaux partenaires

Les partenaires de base et importants de notre projet sont les fournisseurs de matières premières et les fabricants des outils qui rentrent dans l'installation de notre produit, parce que de bons partenariats nous amènent à un bon prix et une excellente qualité, assurant ainsi la réussite du projet.

Le financier du projet est le premier partenaire et le plus grand contributeur à la réussite de ce projet, car le succès de tout produit dépend de la technologie des machines de fabrication. Sans les efforts de la pépinière d'entreprises et de l'Université de Bordj Bou Arreridj pour assurer l'avancée des projets et œuvrer à leur réussite.

Cinquième axe : Plan financier

1) Les matières premières de produit

Produit	prix en DA
Tôle	3000.00
Moteurs	10000.00
Câblage	150.00
Assemblages	150.00
Capteurs	2000.00
Arduino	2500.00
Emballage	200.00
Humidificateur	5000.00
TOTALE	23000.00

2) Salaire des employées

Fonction	nombre	salaire brut DA	salaire net DA	Salaire totale DA
operateur	2	45000.00	33300.00	66600.00
contrôle qualité	1	45000.00	33300.00	33300.00
soudeur	1	25000.00	18500.00	18500.00
sécurité	2	50000.00	37000.00	74000.00
totale DA				192400.00

3) Les équipements

machine	prix
coupage	1500000.00
moulage	3000000.00
press	7000000.00
TOTALE	11500000.00

equipement	Prix en DA
machine	11500000.00
les moules	900000.00
outils informatique	100000.00
meubles	100000.00
totale	12600000.00

4) Divers

	1 ans	2 ans	3 ans
Facture en DA	1200000.00	2000000.00	2000000.00
Marketing en DA	120000.00	120000.00	1200000.00
Totale en DA	1320000.00	2120000.00	3200000.00

5) Chiffre d'affaires

Pour la première année du projet nous prévoyons un petit nombre de ventes que nous estimons à 60 produits par mois Cela est dû à notre capacité limitée ainsi qu'aux influences du marché et de la concurrence

Prix en DA	1 mois	1ans	2 ans	3 ans
	60	720	1000	1200
50000	3000000.00	36000000.00	50000000.00	60000000.00

Si nous atteignons ce nombre de ventes, nous générerons des revenus dans les environ **3000000.00 DA** dans la première année

6) Les Comptes de résultat

a) Tableau des charges

Les charges	1 mois	1 ans	2 ans	3 ans
Salaire	192400.00	2308800.00	2400000.00	2600000.00
facture	100000.00	1200000.00	2000000.00	2000000.00
marketing	10000.00	120000.00	120000.00	1200000.00
équipements	12600000.00	12600000.00	12600000.00	12600000.00
PRODUIT	2395000.00	17710000.00	24150000.00	28750000.00
TOTALES	15297400.00	33938800.00	28670000.00	34550000.00

b) Tableau des bénéfices

	1 ans	2 ans	3 ans
les revenus	36000000.00	50000000.00	60000000.00
les charges	33938800.00	28670000.00	34550000.00
La marge	2061200.00	21330000.00	25450000.00

On trouve que la marge entre les charges et les revenus est positif et aussi est plus que la moitié de chiffre d'affaire. Donc on peut dire que le projet bénéficie

Conclusion Générale

En conclusion, notre projet de ventilateur et d'extracteur d'air représente une avancée significative dans le domaine de la ventilation et de l'extraction d'air. Nous avons identifié les problèmes courants liés à la qualité de l'air intérieur et avons conçu une solution pour y remédier.

Notre système de ventilation et d'extraction d'air présente plusieurs avantages par rapport aux solutions existantes. Il offre une efficacité énergétique supérieure, réduit le bruit et assure une installation facile. De plus, il améliore considérablement la qualité de l'air, réduisant ainsi les risques pour la santé et favorisant le confort dans les espaces clos.

Nos recherches ont montré que notre solution a un impact positif sur différents secteurs tels que les maisons, les bureaux, les industries et les hôpitaux. Sa flexibilité permet de répondre aux besoins spécifiques de chaque domaine, offrant ainsi une solution adaptée à tous.

Pour mettre en œuvre ce projet, nous avons établi un plan solide, en tenant compte des étapes clés, des ressources nécessaires et des délais approximatifs. Nous sommes conscients des défis potentiels, mais nous sommes confiants dans notre capacité à les surmonter grâce à des stratégies appropriées.

En conclusion, notre projet de ventilateur et d'extracteur d'air est une solution novatrice et prometteuse pour assurer une meilleure qualité de l'air intérieur. Nous sommes convaincus que notre conception unique et nos avantages concurrentiels nous permettront de faire une réelle différence dans ce domaine. Nous sommes impatients de concrétiser ce projet et de contribuer à un environnement intérieur plus sain pour tous.

Business Model Canvas

Business Model Canvas		Nom de l'entreprise: EXTRAVENT	Date:	
<p><i>Partenaires clés</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sociétés de publicité • Entreprises de livraison sur lesquelles nous ne compterons qu'au début • fournisseurs de matières premières • Les sponsors • Clients • Des partenariats attendus 	<p><i>Activités clés</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • la conception • Fabrication du produit • Livraison • L'installation • Entretien • Fourniture de pièces de rechange • Gérer les différents services de l'usine ou de l'entreprise 	<p><i>Offre (proposition de valeur)</i></p> <p>La première et valeur que nous offrons à nos clients est de fournir un produit de haute qualité fabriqué localement à un prix en rapport avec les capacités du segment que nous ciblons. De plus, l'ajout de nouvelles fonctionnalités telles que le contrôle à distance de l'appareil et l'envoi de données sur la position de l'appareil, la température, le débit d'air et la facilitation du contrôle et du changement de ces données, cela évitera aux clients la peine de se déplacer vers des entrepôts souvent éloignés de villes. Ce projet nous permet de répondre aux besoins du client et d'avoir un design qui répond à ses besoins, aussi</p>	<p><i>Relation client</i></p> <p>Dans notre projet, nous mettrons une équipe intégrée à la disposition du client afin de l'aider et de résoudre tous les problèmes qu'il peut rencontrer lors de l'utilisation du produit, et c'est ce qui nous aidera à obtenir des clients permanents.</p>	<p><i>Segments de clientèle</i></p> <p>Pour les clients</p> <p>Notre projet cible les clients de l'intérieur du pays afin de construire une base de marketing permanente pour nous</p> <p>Mais dans un premier temps, nous ciblons les clients dans notre wilaya, et ceci pour faciliter la mobilité, ainsi que construire progressivement l'audience, car l'idée est nouvelle sur le marché. Pour augmenter nos chances et assurer le bon déroulement du plan de commercialisation, nous ciblons les porteurs de petits projets émergents dans le domaine agricole comme l'aviculture et la serre culture.</p>
	<p><i>Ressources clés</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressources humaines : les différents segments de travailleurs • Ressources financières : représentées par les machines de 			
	<p>fabrication et les matières premières</p> <p>Livraison réseau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les Sponsor • Partenariats externes possibles 	<p>simples ou complexes soient-ils, et c'est ce qui manque cruellement au marché. La présence du fabricant près du client créera une sorte de confort et de sécurité en cas d'urgence</p>	<p>expositions agricoles et agricoles. L'achat se fera par l'intermédiaire des points de vente que nous ouvrirons pour la vente directe ou la réception des commandes La livraison, l'installation et les services après-vente et la mise d'un site Web à la disposition des clients créeront de nouvelles opportunités de diffusion sur le marché</p>	

<p><i>Structure des coûts</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Salaires des travailleurs • les matières premières • Le coût des publicités • Frais de livraison (temporaire) Dépenses du siège (terrain) • Instruments • Factures (électricité, gaz, internet) • Préparation des bureaux Frais de point de vente 	<p><i>Sources de revenus</i></p> <p>La première et principale source de notre société est la vente du produit, puis le service après-vente qui devient payant après la fin de la période de garantie. Nous offrirons un service d'entretien périodique moyennant des frais. La fourniture de pièces de rechange nous fournira un bon revenu financier. D'autre part, il existe certaines activités saisonnières dans lesquelles les employeurs n'ont pas besoin de notre appareil tout au long de l'année, nous fournirons donc également un service de location de produits, ce qui nous procurera plusieurs revenus à partir d'un seul appareil. Suivez la politique de prix dynamique, et adaptez ainsi le produit en fonction des exigences des olives, y compris en ajustant le prix, et cela nous permettra de gagner plus de bénéfices, aussi petits soient-ils.</p>
---	---

Résumé

Le but de cette étude est de choisir la forme idéale d'un ventilateur électrique ou un extracteur d'air à usage industriel qui peut être réalisable en étudiant l'effet de la profil d'aube en choisissant entre NACA0012 et NACA63412, la vitesse de rotation en variant entre 400 et 1200 rpm, diamètre de ventilateur, nombre des pales entre 3, 6 et 9 pales et de l'angle d'attaque (25° , 45° et 80°) sur la vitesse, la pression et le débit d'air dans l'espace ventile grâce à un logiciel de simulation ANSYS ICEM CFD et à un programme de dessin SOLIDWORKS, le choix du profil, du nombre de pales, du diamètre et de la vitesse de rotation dépendra des besoins spécifiques de ventilation ou d'extraction d'air, en prenant en compte des facteurs tels que l'efficacité, la consommation d'énergie et le niveau sonore.

Mots clés : ventilation, extracteur, NACA0012, ANSYS ICEM CFD, débit d'air.

Abstract

The purpose of this study is to choose the ideal form of an electric fan or an air extractor for industrial use which can be achieved by studying the effect of the blade profile by choosing between NACA0012 and NACA63412, the speed of rotation varying between 400 and 1200 rpm, fan diameter, number of blades between 3, 6 and 9 blades and angle of attack (25° , 45° , 80°) on speed, pressure and air flow in the ventilated space using ANSYS ICEM CFD simulation software and a SOLIDWORKS drawing program, the choice of profile, number of blades, diameter, and rotational speed depends on the specific ventilation or air extraction needs, taking into account factors such as efficiency, energy consumption, and noise level.

Keywords: ventilation, air extractor, NACA0012, ANSYS ICEM CFD, air flow.

الملخص

الغرض من هذه الدراسة هو اختيار الشكل المثالي لمروحة كهربائية أو شفاط هواء للاستخدام الصناعي والذي يمكن تحقيقه من خلال دراسة تأثير ملف الشفرة عن طريق الاختيار بين NACA0012 و NACA63412 ، وتتراوح سرعة الدوران بين 400 و 1200 عدد الدورات في الدقيقة، قطر المروحة ، عدد الشفرات بين 3, 6 و 9 ريش وزاوية الهجوم (25° , 45° , 80°) على السرعة والضغط وتدفق الهواء في مساحة جيدة التهوية باستخدام برنامج محاكاة ANSYS ICEM CFD وبرنامج رسم SOLIDWORKS. تعتمد اختيار الشكل وعدد الريش والقطر وسرعة الدوران على احتياجات التهوية أو استخراج الهواء المحددة. من المهم النظر في الكفاءة واستهلاك الطاقة ومستوى الضوضاء.

الكلمات المفتاحية: التهوية، شفاط الهواء ، NACA0012 ، ANSYS ICEM CFD ، تدفق الهواء.