

TP n°1 d'Aérodynamique et d'aéroacoustique*

Laboratoire de Dynamique des Fluides†

version du 14 février 2014

Table des matières

1 Généralités	2
1.1 Descriptif de la machine	2
1.2 Problématique	3
1.3 Banc d'essai	3
1.4 Grandeurs à mesurer	3
2 Travail demandé	4
2.1 Préparation de l'expérience	4
2.2 Performances aérodynamiques du moto-ventilateur	4
2.3 Performances aéroacoustiques du moto-ventilateur	4

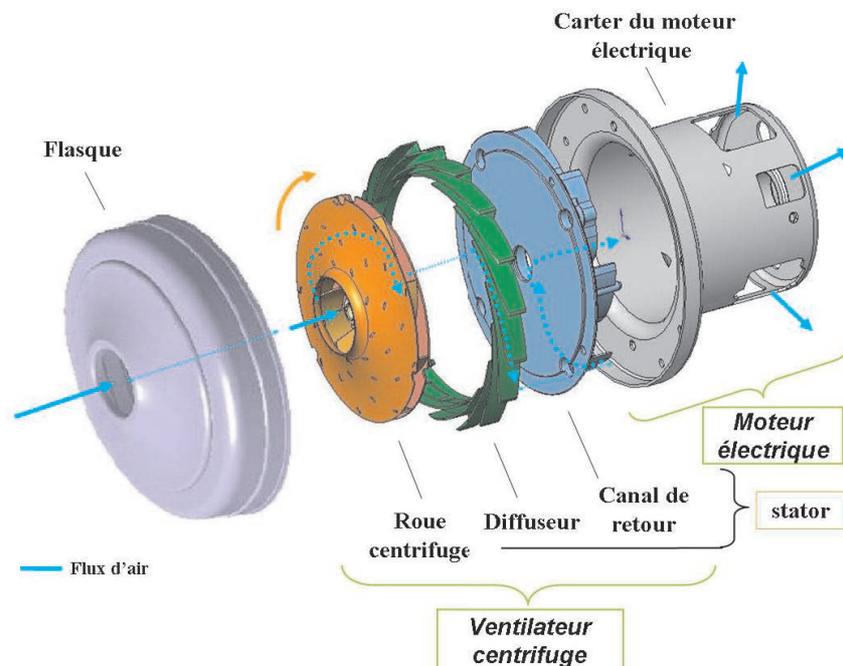


FIGURE 1 – Vue éclatée de la géométrie du moto-ventilateur étudié.

*florent.ravelet@ensam.eu, sofiane.khelladi@ensam.eu, michael.deligant@ensam.eu

†<http://www.dynfluid.eu>

1 Généralités

1.1 Descriptif de la machine

Les ventilateurs centrifuges constitués d'une roue, d'un diffuseur et d'un canal de retour sont largement utilisés dans les aspirateurs ménagers. Leur niveau sonore important constitue un critère de sélection pour les fabricants de ces appareils.

Ces machines permettent de créer de fortes dépressions pour de faibles débits et ce dans des encombrements réduits grâce à leur vitesse de rotation élevée : 34000 rpm. L'écoulement, fortement instationnaire, présente localement des vitesses pouvant atteindre 250 m.s^{-1} soit $M = 0,7$. Le faible rendement, de l'ordre de 30%, est principalement dû à la désorganisation de l'écoulement à l'interface roue-diffuseur, à la jonction diffuseur-canal de retour, à la sortie du canal de retour et à la perte de charge assurant le refroidissement du moteur électrique d'entraînement (voir Fig. 1).

Au point de fonctionnement correspondant à l'aspirateur propre, avec l'aspiration libre, les caractéristiques aérodynamiques annoncées du moto-ventilateur sont les suivantes (Tab. 1) :

Caractéristiques	Valeurs
Hauteur produite (m)	1300
Débit (l.s^{-1})	35
Vitesse de rotation (rpm)	34450
Vitesse spécifique	0.555

TABLE 1 – Caractéristiques aérodynamiques annoncées du moto-ventilateur pour le fonctionnement à vide de l'aspirateur.

Le tableau 2 présente les caractéristiques géométriques des trois éléments du ventilateur.

Description	Roue	Diffuseur	Canal de retour
Rayon d'entre d'aubage R_e (mm)	18	52,7	60
Envergure de l'aubage l'entre b_e (mm)	13	6,48	11
Angle d'entre d'aubage β_e ($^\circ$)	64	85	74
Angle d'inclinaison de l'arrête d'entre θ_e ($^\circ$)	85,8	0	0
Rayon de sortie d'aubage R_s (mm)	52	66,1	33
Envergure de l'aubage la sortie b_s (mm)	5,4	8,43	12
Angle de sortie d'aubage β_s ($^\circ$)	64	71,6	15
Angle d'inclinaison de l'arrête de sortie θ_s ($^\circ$)	0	0	0
Nombre de pales	9	17	8
Epaisseur de la pale e (mm)	0,9	1,6	

TABLE 2 – Caractéristiques géométriques du ventilateur centrifuge.

1.2 Problématique

Afin de situer la plage de fonctionnement du ventilateur et de vérifier la conformité de ses caractéristiques avec le cahier des charges, il est nécessaire d'effectuer une campagne expérimentale. Cette campagne concerne essentiellement des mesures de pression, de débit, de puissance absorbée, de vitesse de rotation, de rendement et du bruit généré par le moto-ventilateur.

1.3 Banc d'essai

Le banc d'essai utilisé pour ces mesures est conforme à la norme ISO 5801 permettant de déterminer les performances aérodynamiques des ventilateurs industriels de tous types. Cette norme présente la méthodologie de calcul des différentes caractéristiques aérodynamiques et les incertitudes attachées à ces grandeurs.

Le banc est constitué d'un caisson d'aspiration hermétique. L'utilisation de diaphragmes de diamètres variables permet de faire varier la résistance hydraulique du circuit et donc d'explorer différents points de la caractéristique du ventilateur. Ce banc d'essai est muni de prises de pression statique en paroi qui vont permettre de mesurer la hauteur fournie par le ventilateur et, connaissant les lois reliant hauteur et débit pour chaque diaphragme, d'en déduire le débit.

Moyens de mesure à votre disposition :

- Wattmètre
- Manomètre différentiel
- Microphone + carte d'acquisition + PC
- Sonomètre

1.4 Grandeurs à mesurer

Grandeurs mesurables directement à partir de l'instrumentation disponible

- Le **diamètre** intérieur du diaphragme D .
- La **différence de pression** entre l'intérieur du caisson et l'atmosphère ΔP .
- La **puissance absorbée** par le moto-ventilateur P_{abs} .
- Le **niveau de pression acoustique** Lp .
- La **fréquence de rotation** du moteur f .

Grandeurs à déduire à partir des données ci-dessus

- Le **débit** est donné par la formule empirique suivante (norme ISO 5801) :

$$Q = \alpha \epsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \cdot 1000 \quad (1)$$

Q débit volumique en l.s^{-1}

α coefficient de débit (égal à 0.598)

D diamètre du diaphragme en m

ΔP pression différentielle entre le caisson et l'atmosphère en Pa

ρ masse volumique de l'air en kg.m^{-3} soit 1.2 kg.m^{-3} à 20°C et 101325 Pa

ϵ coefficient de détente donné par $\epsilon = 1 - 0.18 \frac{\Delta P}{P_{atm}}$, où P_{atm} est la pression atmosphérique en Pa.

- La **puissance utile** est calculée par l'expression suivante :

$$P_{utile} = Q\Delta P \quad (2)$$

- Le **rendement global** est donc donné par :

$$\eta_g = \frac{P_{utile}}{P_{abs}} \quad (3)$$

2 Travail demandé

On effectuera deux ou trois séries de mesures en ne changeant qu'un paramètre à la fois (distance du sonomètre, temps de chauffe, ...). Dans le rapport, il vous est demandé de tenir un « cahier de manip » décrivant les conditions d'expérimentation. Les caractéristiques aéroacoustiques du moto-ventilateur seront analysées et comparées au point de conception (Tab. 1). On cherchera à établir un lien entre performances aérodynamiques et performances acoustiques. Toute remarque intelligente est la bienvenue. Vous pouvez consulter le polycopié de cours, et vous pouvez tracer d'autres courbes.

2.1 Préparation de l'expérience

Avant toute expérience, il convient de choisir les plages de fonctionnement des différents appareils et de les étalonner. Vous disposez pour cela des notices des appareils. Il vous est **au minimum** demandé de calculer, à partir du cahier des charges, l'ordre de grandeur de la puissance électrique absorbée.

Les mesures seront effectuées à tension constante (branchement direct au secteur) : la vitesse de rotation est susceptible de varier en fonction de la charge. Pour la mesurer, on procédera à une analyse fréquentielle par F.F.T. (Fast Fourier Transform) du signal d'un microphone relié à une carte d'acquisition : le pic le plus net correspond à la fréquence de passage des pales du rotor. Il faut choisir correctement la fréquence d'échantillonnage.

Une fois les ordres de grandeur établis, mettre à zéro le manomètre, puis étalonner le sonomètre. On le placera environ à 1 m du moteur.

2.2 Performances aérodynamiques du moto-ventilateur

- Tracez l'évolution de la différence de pression produite par l'aspirateur en fonction du débit.
- Tracez l'évolution du rendement global en fonction du débit.
- Comparez les courbes obtenues par rapport au point défini dans le tableau 1.
- **Commentez.** Pensez aussi à regarder les évolutions de la vitesse de rotation et de la puissance absorbée. Prenez des *initiatives*.

2.3 Performances aéroacoustiques du moto-ventilateur

- Tracez la courbe du niveau sonore en fonction du débit.
- Existe-il un lien entre le point de fonctionnement nominal et les performances acoustiques ? **Expliquez.**