

## LE VENTILATEUR AVEC PALES PERCÉES, SOLUTION CONSTRUCTIVE INÉDITE

*D. Popescu*

*Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași*

### INTRODUCTION

L'utilisation des pales percées pour les ventilateurs axiaux est une solution nouvelle, peu utilisée. Un ventilateur avec pales partialement percées a été construit par les chercheurs russes, en 1975 [2]. Ils ont essayé de réduire le bruit produit par les installations de ventilation, qui fonctionnent sur des bateaux. Le ventilateur testé était diagonal, avec la partie axiale de la pale percée. On a obtenu une atténuation du bruit et aussi une augmentation du rendement.

Grâce à sa simplicité, le ventilateur axial est maintes fois utilisées, en beaucoup domaines techniques comme par exemple appareils ménagers, installations industrielles ou aéronautique.

Cet article présente un nouveau type de ventilateur avec pales percées, solution technique adéquate pour les installations soumis au démarrage et arrêts souvent, qui fonctionnent fréquemment hors du régime nominal.

### 1. L'OPPORTUNITÉ DE LA SOLUTION

Le control de la couche limite sur les pales des turbomachines axiales est un desideratum important par ce qu'il peut réaliser le déplacement du point de transition vers le bord de fuite, la réduction du frottement et même empêche le décollement, avec conséquences bénéfiques sur le rendement et la charge [5].

Le control de la couche limite sur les pales des compresseurs axiaux, signifie angles d'incidence plus grands pour toutes les sections des pales, ce qu'augmente le rapport de compression, particulièrement aux derniers étages. Hélas, un control efficace est très difficile et en plus nécessite consommant d'énergie pour absorption ou soufflage. Parmi les plus importantes applications on rappelle les turbines à gaz, pour lesquelles le soufflage réalise tout à fois un refroidissement [1].

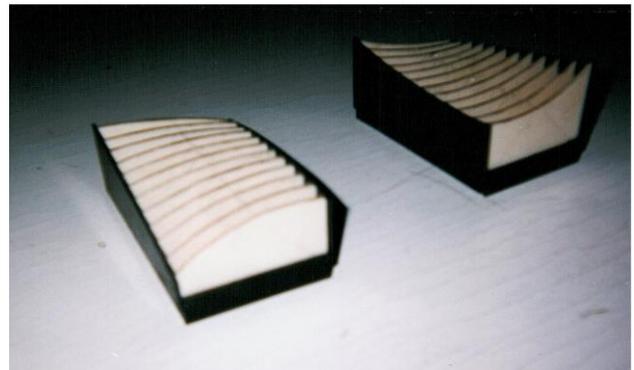
Le control active de la couche limite sur les pales des ventilateurs est un objective difficile à attendre et les méthodes passives sont préférables.

Les possibilités technologiques sont peu nombreuses. La plus simple méthode de réaliser de pales perméables est le perçage. Le matériel le plus facile à usiner est la tôle.

En conséquence le ventilateur à pales percées construit est simple et robuste, et grâce à sa conception originale est tout à fois unique.

### 2. CONSTRUCTION DU PROTOTYPE

Pour essayer le nouveau ventilateur, on a construit un prototype. Les essais de cette machine on permit d'établir le domaine technique pour lequel le ventilateur à pales perméables est préférable celui classique.



**Figure.1.** Les matrices.

Les principales caractéristiques constructives du rotor sont:

- le diamètre du carter  $D_V=630mm$ ;
- le diamètre de l'arbre  $D_B=340mm$ ;
- nombre de pales  $N=18$ ;
- hauteur de pale  $h=145mm$ ;
- largeur de la pale à la base  $L_B=86mm$ ;
- largeur de la pale au sommet  $L_V=88mm$ ;
- l'épaisseur de la pale  $2mm$ ;
- perméabilité  $4\%$  ;
- diamètre des orifices  $2.5mm$ .

La perméabilité est définie par le rapport entre la surface des orifices et l'entière surface de la pale.



**Figure 2.** Les pales du ventilateur.

La géométrie de la pale (figure 2), établie par les données du projet a été obtenue par déformation au chaud. Les matrices sont présentées dans la figure 1. La partie active de la pale a été soudée du support de la pale. Les pales du rotor ont été fixées sur un moyeu d'aluminium. Chaque pale est amovible et peut être fixée en position quelconque. Pour vérifier l'angle de calage on a utilisé un rapporteur de grande précision (figure 4). Cette méthodologie a permis une bonne concordance entre le modèle et le prototype et on a obtenu un rotor équilibré. En plus, on peut faire des recherches sur plusieurs angles de torsion de manière très simple.



**Figure 3.** Carène profilée.

Vu que les pales ont une forme presque rectangulaire, on a construit des profils perméables, arc de cercle avec une cellule de perforation triangle rectangulaire isocèle. Les pales sont très épaisses, ce que mettent en évidence les effets du perçage.

Le prototype du ventilateur a une construction à part; devant le rotor est placé un carter réalisé par tournage et il y a une carène profilée (figure 3).

Pour limiter l'effet de paroi et éviter que les pales touchent le carter, on a choisi un interstice de 3 mm. Dans la figure 5 on observe l'arbre, le rotor et le carter du ventilateur, pendant le fonctionnement.

Le banc d'essais a une configuration particulière qui permet l'utilisation de diverses méthodologies d'essais des ventilateurs. En aval il y a un cylindre pour guider le courant et la variation du débit a été possible grâce à des filets placés en amont, sur le premier tronçon d'aspiration. La vitesse de rotation a été mesurée avec un appareil digital de grande précision [6].

### 3. RESULTATS D'ÉTUDES EXPÉRIMENTAUX

Le principal objectif de l'étude est l'essai du ventilateur à pales percées et la comparaison des résultats avec ceux obtenus pour le ventilateur classique [3].

On a fait des calculs pour 11 points de fonctionnement pour le ventilateur classique et pour 12 points de fonctionnement pour le ventilateur à pales perméables [4].

Le débit a été calculé après la mesure de la répartition radiale des vitesses axiales:

$$Q = \int_{0.17}^{0.318} c1dr \quad [m^3 / s] \quad (1)$$

La charge statique a été calculée en utilisant les valeurs aux parois en amont et en aval

$$\Delta p_{statica} = p2_{statica} - p1_{statica} \quad [Pa] \quad (2)$$

Le rendement du ventilateur :

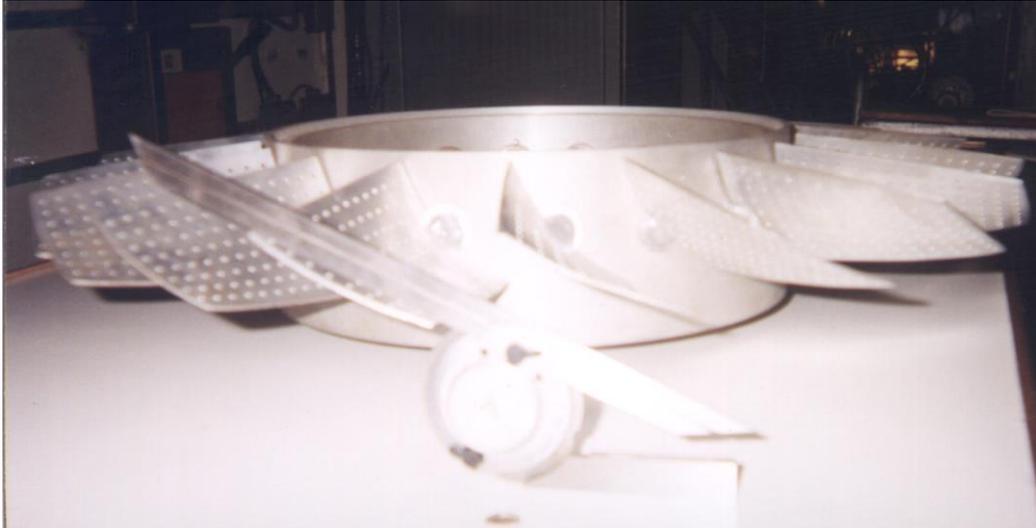
$$\eta_s = \frac{N_{stat}}{U \cdot I \cdot \eta_{motor} \cdot 0.95} \quad (3)$$

où

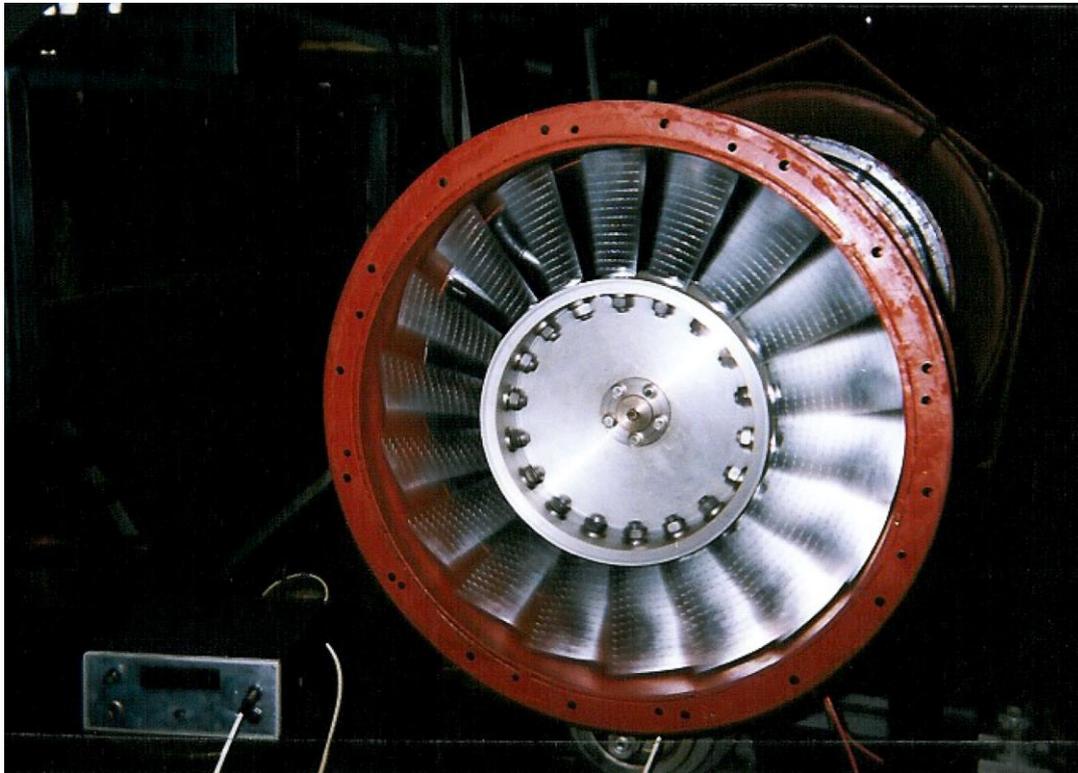
$N_{stat}$  - charge statique

$U$  - tension

$I$  - intensité



**Figure 4.** Vérification d'angle de calage.

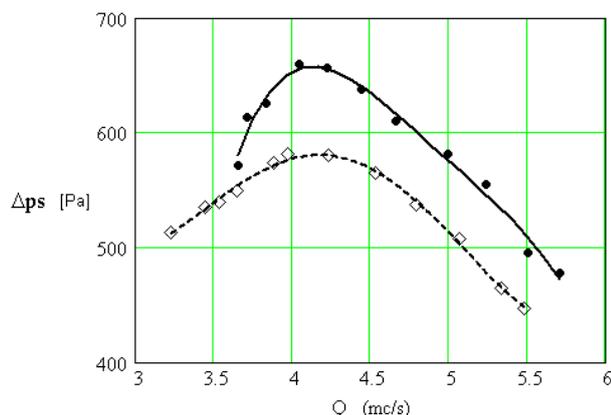


**Figure 5.** Ventilateur avec pales percées sur le banc d'essais.

Sur les courbes de la figure 6 sont marqués les points obtenus pour la charge statique. Les courbes  $\Delta ps = f(Q)$  sont paraboliques, avec un point de maximum qui les divise en deux parties: la région des petits débits et la région des grands débits. Dans la zone des grands débits, les courbes caractéristiques des ventilateurs sont presque parallèles, avec une diminution de presque  $\approx 12\%$  de la valeur de la charge pour le ventilateur à pales percées. Tout de suite après avoir atteint la

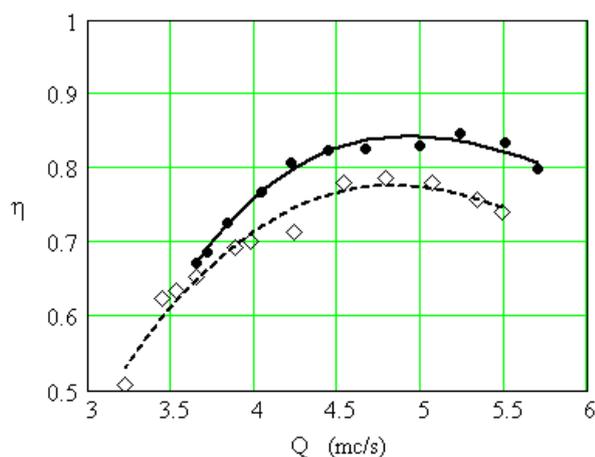
charge maximum, dans la zone des petits débits, le ventilateur à pales classiques a des paramètres beaucoup diminués. Pour un débit plus petit que  $4\text{mc/s}$  jusqu'à  $3.64\text{mc/s}$ , la charge statique diminue de  $13\%$ . La courbe caractéristique du ventilateur à pales percées est plus aplatie. Le domaine de fonctionnement est plus large pour ce ventilateur, par ce qu'il contient la zone des petits débits. Le ventilateur à pales percées a le plus grand charge à  $\approx 4\text{mc/s}$ . Pour le débit minimum de  $3.44\text{mc/s}$  il y

a une réduction du charge de seulement 7,8%. Aux débits plus petits, les paramètres diminuent.



**Figure 6.** Courbes caractéristiques pour le ventilateur avec pales percées (◻-◻) et le ventilateur à pales classiques (●-●).

L'analyse de la courbe de rendement  $\eta = f(Q)$  montre des rendements assez bons même pour des petits débits (figure 7). Pour des débits plus petits que 3.64mc/s la courbe du ventilateur avec pales classiques indique la tendance de diminuer sous la courbe du ventilateur à pales percées. Le domaine de fonctionnement du ventilateur avec pales percées est plus large, et la diminution du rendement est acceptable.



**Figure 7.** Courbes de rendement pour le ventilateur avec pales percées (◻-◻) et pour le ventilateur à pales classiques (●-●).

#### 4. CONCLUSIONS

L'étude des deux variantes de ventilateur avec pales percées et avec pales classiques conduit vers quelques conclusions concernant l'influence de

la perméabilité sur les courbes caractéristiques des ventilateurs:

1) La courbe de charge statique du ventilateur à pales percées est plus aplatie par rapport à la courbe du ventilateur à pales classiques;

2) La courbe de rendement du ventilateur à pales percées est plus aplatie. À la zone du régime nominale le rendement est plus petit, mais dans la zone de pompage du ventilateur avec pales classiques, ce nouveau ventilateur a meilleures performances [4];

3) Le point de rendement maximum correspond à un débit plus petit que le point de maximum du ventilateur classique.

En ensemble, le ventilateur à pales percées a des rendements et des charges comparables au ventilateur classique, mais pour un intervalle de débits plus large et avec une plus grande stabilité. La stabilité permet de réduire les vibrations et le fonctionnement du ventilateur loin du régime nominal, dans le domaine des débits petits. Ces recherches ont permis d'établir le domaine technique où le ventilateur à pales percées est préférable celui classiques; les installations qui sont soumis souvent à modifications de vitesses et fonctionnent fréquemment dans la zone des petits débits où il y a le risque de l'apparition du phénomène de pompage.

#### Bibliographie

1. *Debruge L.L., Han L.S. Heat transfer in a channel with porous wall for turbine cooling application// Journal of Heat Transfer, November 1972.*
2. *Petrov I., Malova N.I., Imbunătățirea caracteristicilor acustice ale ventilatoarelor centrifuge // Sudostroenie, Nr. 8, 1975.*
3. *Popescu D., Popescu Th., Experiments of an axial fan with slotted blades // 2<sup>nd</sup> International Conference "Research and development in mechanical industry" RaDMI 2002, Yugoslavia, 2002.*
4. *Popescu D. Cercetări privind utilizarea paletelor permeabile în construcția ventilatoarelor axiale // Teză de doctorat, 2002.*
5. *Sinnette J., Costello G. Possible application of blade boundary-layer control to improvement of design and off-design performance of axial-flow turbomachines // NACA technical note 2371, may 1951.*
6. *Cercetări asupra unor soluții aerodinamice noi în construcția ventilatoarelor axiale// Contract cercetare CNCSU 530/1998.*