

## ANALYSE COMPARATIVE D'UN VENTILATEUR À PALES PERMÉABLES PAR RAPPORT AU CELUI CLASSIQUE

D. Popescu

Université Technique „Gh.Asachi” Iassy

### INTRODUCTION

L'utilisation des pales poreuses pour les ventilateurs axiaux est une solution technique connue pour la réduction du bruit [1], [2], [3].

R.C. Chanaud, N. King, R.B. Sitterding [2] ont fait des études expérimentales comparatives entre un ventilateur à pales d'aluminium et deux ventilateurs identiques du point de vu constructif, mais avec des pales perméables de porosités différentes. Ils ont observé une atténuation du bruit, avantage important. Simultanément, ils ont remarqué que les ventilateurs à pales perméables peuvent réaliser les même performances aérodynamiques que ceux classiques si on varie de manière convenable l'angle de torsion des pales.

Cet article met en évidence les principales modifications que la porosité produit au comportement aérodynamique d'un ventilateur à pales perforées. On présent les résultats comparatifs d'études expérimentaux sur un ventilateur à pales perméables par rapport à un autre avec pales lisses.

### 1. LA RÉPARTITION RADIALE DES PARAMÈTRES AÉRODYNAMIQUES

Le ventilateur axial à pales percées, est une solution technique inédite, qui utilise quelques observations théoriques et expérimentales [6].

Des essais expérimentaux effectués sur des plaques planes percées ont montré que la perméabilité modifie le comportement aérodynamique des plaques [4], [5]. L'incidence critique n'existe plus, et un palier de portance le remplace pour un intervalle d'incidences assez large. On préconise donc, l'utilisation des pales percées pour les ventilateurs axiaux qui fonctionnent à différents débits.

Cet article commente et compare les résultats expérimentaux pour deux types de ventilateur: à pales lisses et à pales percées ayant une perméabilité 4% (figure 1). On cherche à savoir si le palier de portance obtenu pour les plaques avec orifices modifie de manière similaire les performances du ventilateur à pales perméables [6].

Les recherches sur le nouveau type d'aube ont compris en aval des mesures de la pression totale et de la déviation du courant avec une sonde claw à trois bras en 11 points de mesure et la détermination de la pression statique sur les parois du tuyau d'essais [8]. En amont on a mesuré les pressions totales et statiques avec un tube Pitôt-Prandtl.

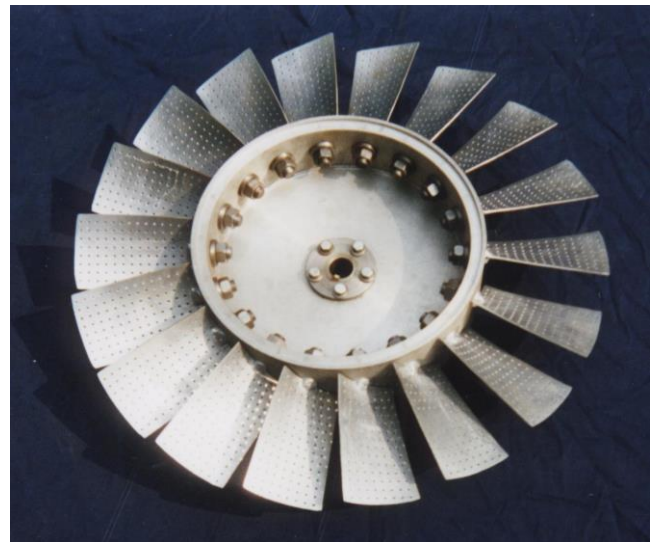


Figure 1. Ventilateur à pales percées.

Dans la section d'entrée du rotor on a calculé la répartition radiale de la composante axiale de la vitesse  $C_{1a} = f(r)$  (figure 3), et dans la section de sortie du rotor la répartition radiale des angles formés par la direction du fluide avec la direction tangentielle  $\alpha_2 = f(r)$  (figure 5).

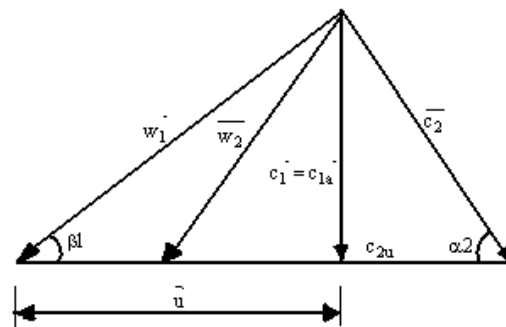


Figure 2. Triangle des vitesses.

Après, on a construit des diagrammes suggestifs: la variation de la pression totale  $\Delta p_t$  et de l'angle  $\alpha_2$  en fonction de l'angle d'entré  $\beta_1$  ( figure 2).

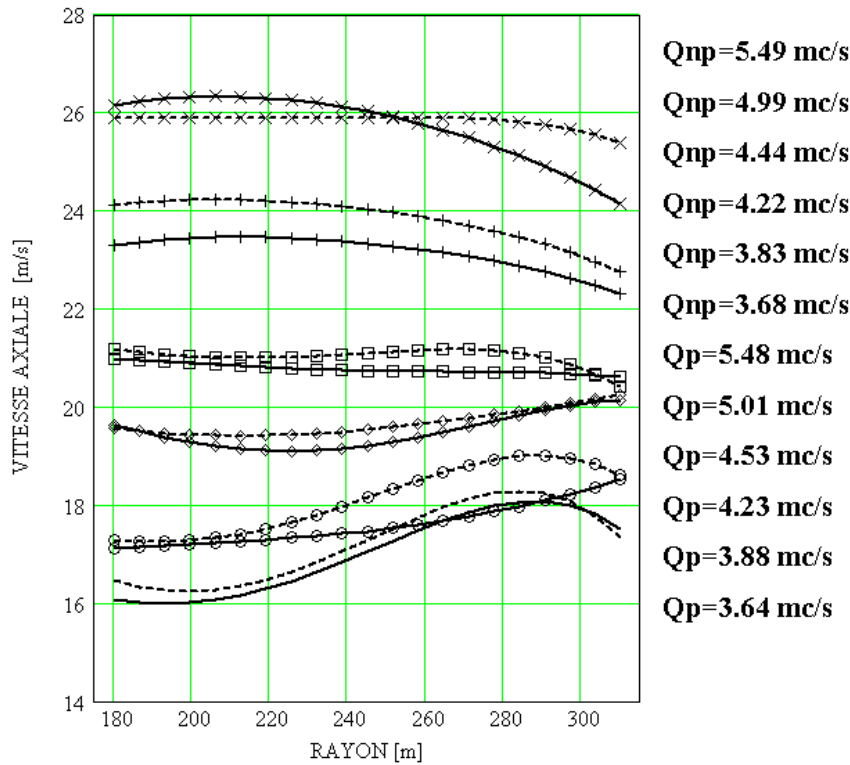


Figure 3 . Répartition radiale des vitesses axiales dans le plan d'entrée pour le ventilateur à pales percées (p) et pour le ventilateur à pales lisses (np).

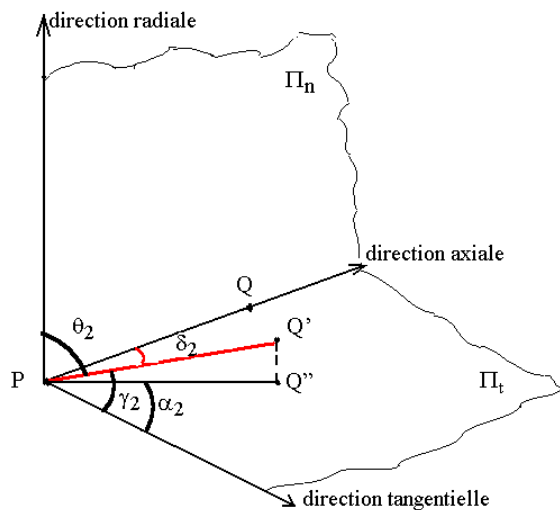


Figure 4. Les angles formés par le bras central PQ' de la sonde claw avec les trois directions.

L'étude de la répartition radiale des vitesses axiales, présenté dans la figure 3 montre une allure

similaire dans les deux cas étudiés. Les variations de la vitesse dans le plan d'entrée de l'aube vont conduire à une charge qui n'est pas uniforme.

On a étudié aussi les paramètres dans le plan de sortie. L'aube perforée produit des modifications de la déviation du courant fluide. On a mesuré l'angle formé par le bras central de la sonde claw avec la direction axiale et on a calculé les angles formés par celui-la avec les directions radiale et tangentielle (figure 4). On a calculé aussi l'angle formé par la projection de la sonde dans le plan tangentielle et la direction tangentielle:

1) l'angle entre le bras central de la sonde et la direction radiale

$$\theta_{2j} = \frac{180}{\pi} \cdot a \cos \left[ \frac{L \cdot \left( \sin \left( \delta_{2j} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)^2}{r_{2j}} \right] \quad (1)$$

2) l'angle entre le bras central de la sonde et la direction tangentielle

$$\gamma_{2j} = \frac{180}{\pi} \cdot a \cos \left[ \frac{r_{1j} \cdot \left( \sin \left( \delta_{2j} \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right)}{r_{2j}} \right] \quad (2)$$

3) l'angle entre la projection de la sonde dans le plan tangentielle et la direction tangentielle:

$$\alpha_{2j} = \frac{180}{\pi} \cdot a \cos \left( \frac{\cos \left( \gamma_{2j} \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{\sin \left( \theta_{2j} \cdot \frac{\pi}{180} \right)} \right) \quad (3)$$

La figure 5 présente la variation de l'angle  $\alpha_2$  en fonction du rayon. On observe qu'au voisinage de l'arbre, l'angle  $\alpha_2$  est plus grand

pour l'aubage perforé par rapport à l'aubage classique. Par contre, au voisinage du carter, la déviation du courant de la direction tangentielle est plus petite pour l'aubage perforé. Au fur et à mesure que le débit diminue, le point d'intersection des deux diagrammes (correspondant aux débits approximativement égaux) s'approche de l'arbre. L'intervalle pour lequel l'angle  $\alpha_2$  est plus grand pour les pales perméables est plus étroit. On remarque aussi que près de l'arbre, l'aubage perforé a un comportement meilleur. Au voisinage du carter se manifestent des phénomènes difficiles à séparer: le décollement de la couche limite, l'augmentation de la composante radiale de la vitesse absolue, l'effet de parois, les fuites.

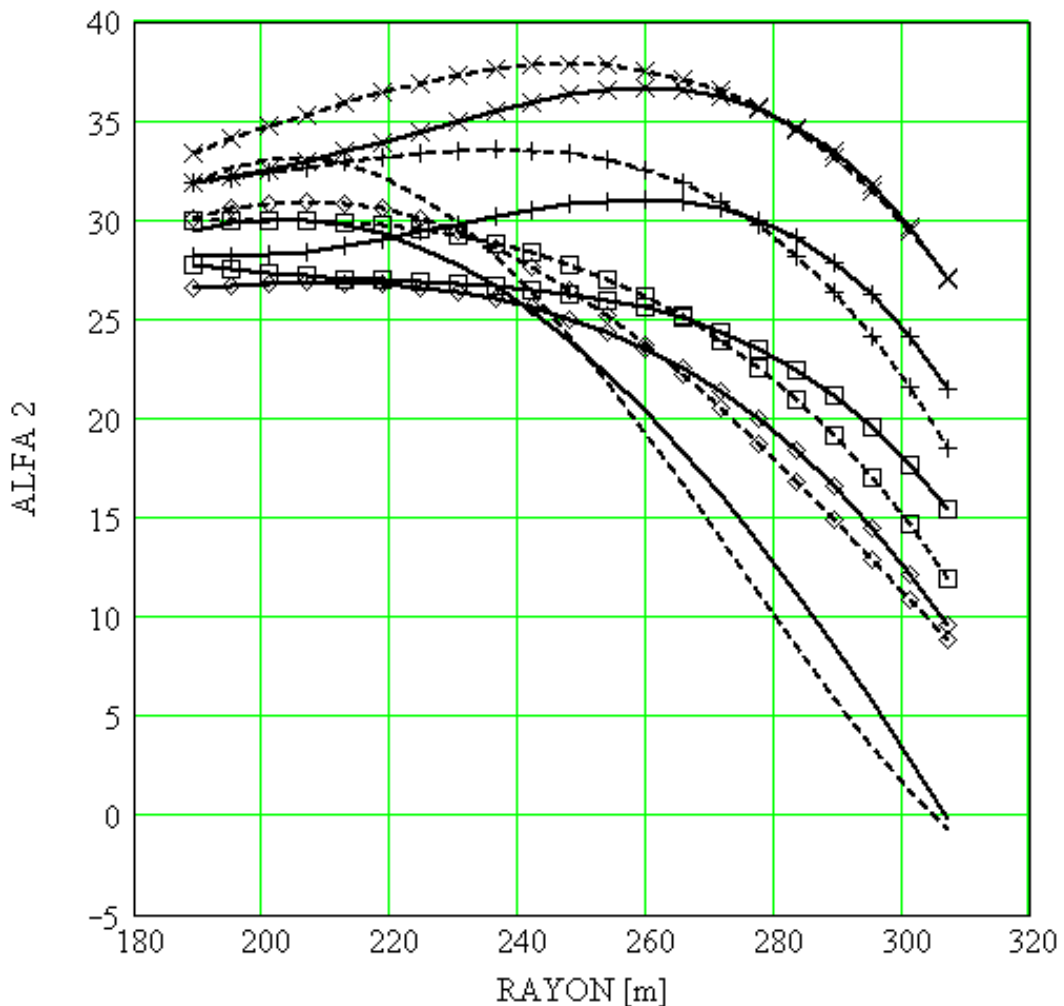


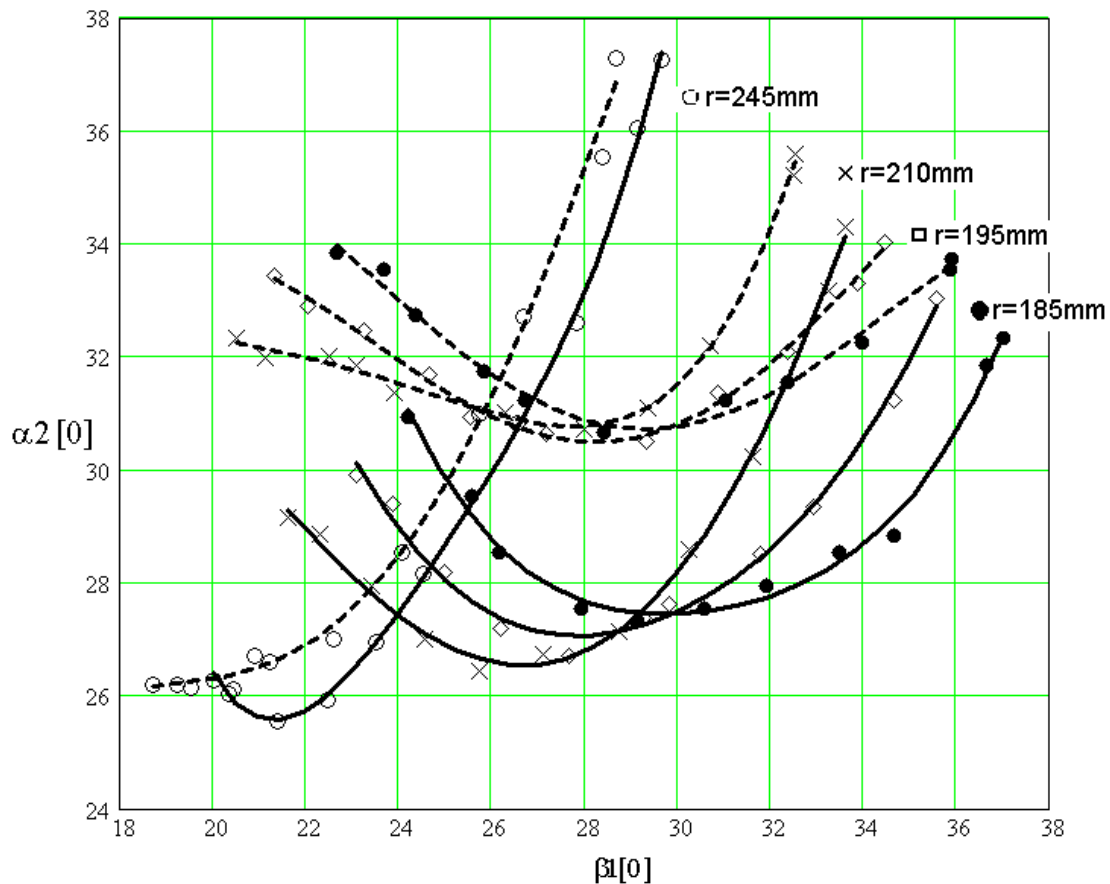
Figure 5. Répartition radiale de l'angle  $\alpha_2$ .

## 2. LES PARAMÈTRES D'EFFLUX EN FONCTION DES PARAMÈTRES D'INFLUX

Pour analyser le comportement aérodynamique de l'aubage perforé, on a étudié la variation de l'angle  $\alpha_2$  et de la charge  $\Delta pt$  par rapport à l'angle d'entrée, dans la section de sortie de l'aubage. Pour éviter les phénomènes du voisinage

du carter on a choisi seulement les valeurs correspondantes aux rayons petits.

La figure 7 présente le diagramme  $\alpha_2 = (\beta I)$ . On observe le décollement de la couche limite pour  $r=245\text{mm}$ , c'est à dire au milieu de la pale. Auprès de l'arbre à  $r=175\text{mm}$ , on peut constater un aplatissement des graphiques et une augmentation de la déviation  $\alpha_2$  pour le ventilateur à pales percées. L'aplatissement est plus évident pour les angles d'entrée  $\beta I$  petits.



**Figure 6.** Variation de l'angle  $\alpha_2 = (\beta I)$  au voisinage de l'arbre pour le ventilateur à pales percées (  $\square$ - $\square$  ) et le ventilateur à pales classiques (  $\bullet$ - $\bullet$  ).

Un autre paramètre important est la charge totale  $\Delta pt$ . La figure 7 présente l'évolution d'en fonction de l'angle  $\beta I$ . On remarque la diminution de la charge totale et l'aplatissement du diagramme pour le ventilateur à pales perméables. À la différence du ventilateur classique, pour ce prototype la charge est plus uniforme, sa variation est plus lente. On peut même affirmer qu'il y a un palier de charge presque uniforme pour le ventilateur à pales

percées. La région du graphique où l'angle  $\beta I$  est petit correspond au palier de portance mis en évidence par des essais sur les plaques percées. Dans cette région explorée avec les plus petits débits, les avantages de l'aube perforés sont évidents. Le ventilateur à pales perméables peut produire des débits réduits sans déclencher le phénomène de pompage, par ce que son comportement aérodynamique est plus stable.

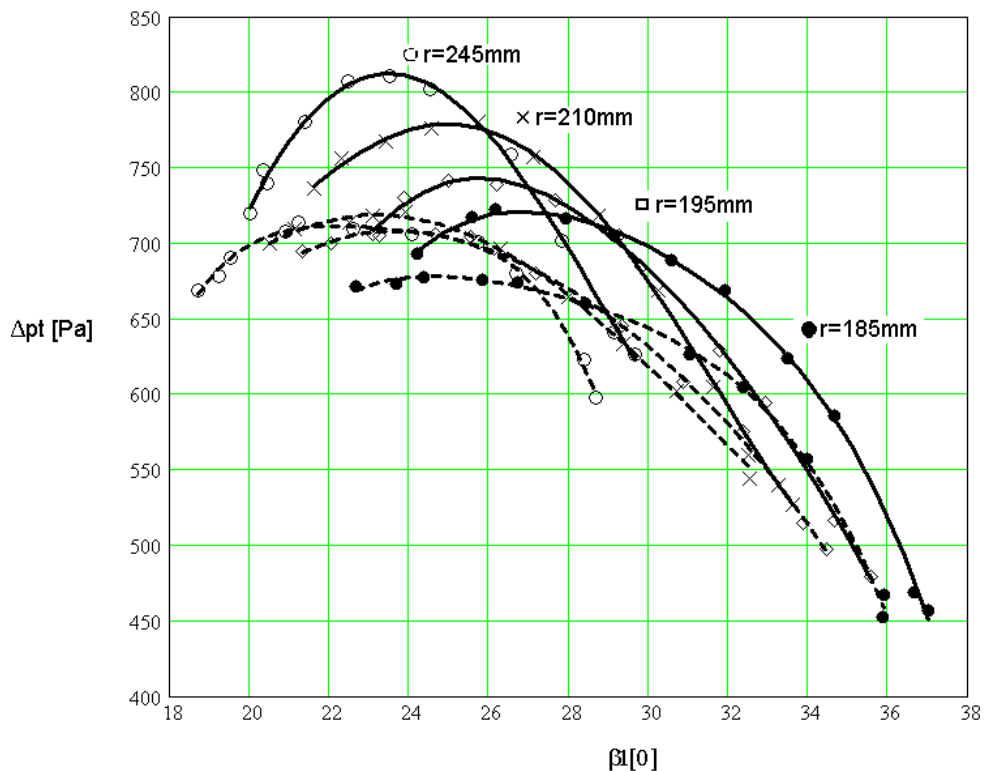


Figure 7. La variation de la charge totale en fonction de l'angle  $\beta_1$  pour le ventilateur à pales percées (  $\square$ - $\square$  ) et le ventilateur à pales classiques (  $\bullet$ - $\bullet$  )

### 3. CONCLUSIONS

Les essais expérimentaux sur un nouveau type de ventilateur, à pales percées ont conduit vers certains conclusions. L'aube perforée a un comportement aérodynamique plus uniforme que la variante classique. Similaire à la plaque perforée au domaine des angles d'incidence grands, les diagrammes sont plus aplatis, particulièrement aux débits réduits. L'aube perforée a un comportement aérodynamique meilleur, loin du régime nominal, là où les débits sont petits [7], [8].

C'est à dire que même si, il y a une réduction de la charge, le ventilateur à pales perméables est plus stable et évite le phénomène de pompage.

#### Bibliographie

1. **Bommes, L., Kramer, C.** Ventilatoren // Expert Verlag, 1990.
2. **Chanaud, R.C., Ning, K., Sitterding, R.B.** Experiments on porous blades as a means of reducing fan noise // Journal Acoust. Soc., vol. 59, n.3, march 1976.

3. **Envia, E.** Fan noise reduction: an overview // NASA/TM-2001-210699.

4. **Matei, P., Rusu, I., Popescu, Th.** Asupra comportării aerodinamice a unor plăci plane permeabile // Concepție tehnologie și management în construcția de mașini, Iași 1992.

5. **Matei, P., Popescu, Th.** Asupra comportării aerodinamice a unor plăci plane permeabile // Lucrările colocviului de mecanica fluidelor și aplicațiile ei tehnice, Iași, 1989.

6. **Popescu, D.** Considerații privind posibilitățile de utilizare a paletelor permeabile la turboventilatoarele axiale // Conferința tehnico-științifică "Instalații pentru construcții și economia de energie", Iași, 1995.

7. **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.

8. **Popescu, D.** Cercetări privind utilizarea paletelor permeabile în construcția ventilatoarelor axiale // Teză de doctorat, 2002.