

# Optimisation des pales d'un ventilateur



Quelle optimisation doit-on apporter à un ventilateur afin d'allier performance et silence ?



## Plan

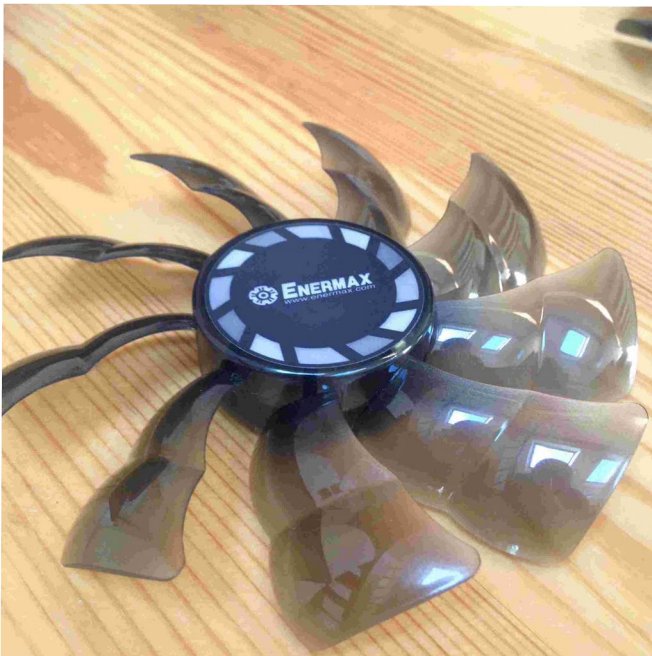
- I- Introduction
- II- Caractéristique des ventilateurs
- III- Détermination du débit volumique
- IV- Évaluation du bruit
- V- Étude et prévision théorique
- VI- Conclusion

## Contexte

La ventilation étant aujourd'hui obligatoire, les nouveaux enjeux sont :

- l'économie d'énergie
- la garantie d'un bon débit d'air et d'une nuisance sonore réduite

## Description du système



*Ventilateur 1*



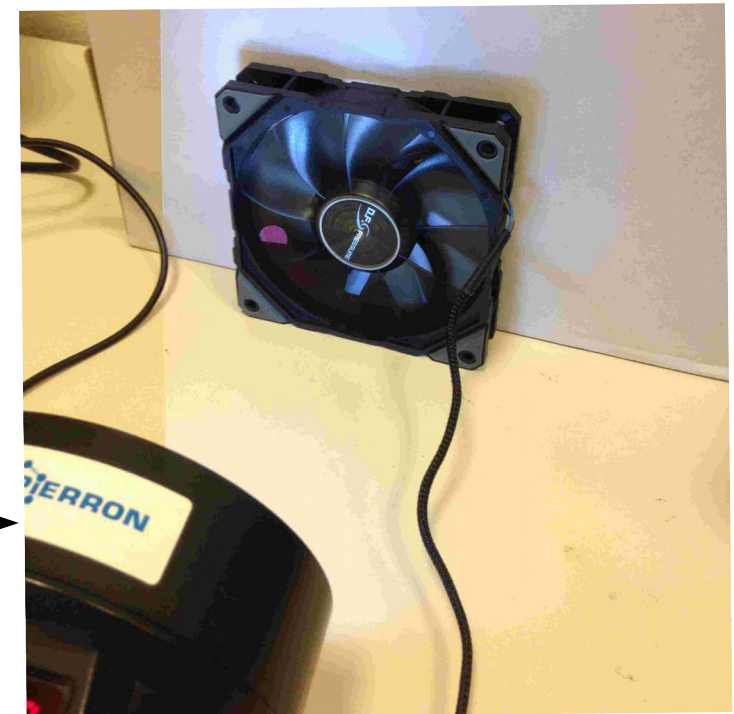
*Ventilateur 2*

**Mesure des vitesses de rotation****Mise en œuvre :**

- modifier le nombre de flash par secondes jusqu'à ce que l'on voit l'immobilité du ventilateur

Tension (V)	8	9	10	11	12
Vitesse de rotation (rad/s) Ventilateur 1	70,2	77,5	83,6	89,5	95,6
Vitesse de rotation (en rad/s) Ventilateur 2	51,5	70,8	91	106,4	113,8

Stroboscope



**Calcul de la surface d'une pale**

Pales découpées

Collage permettant le calcul de  
la surface

Ventilateur 1



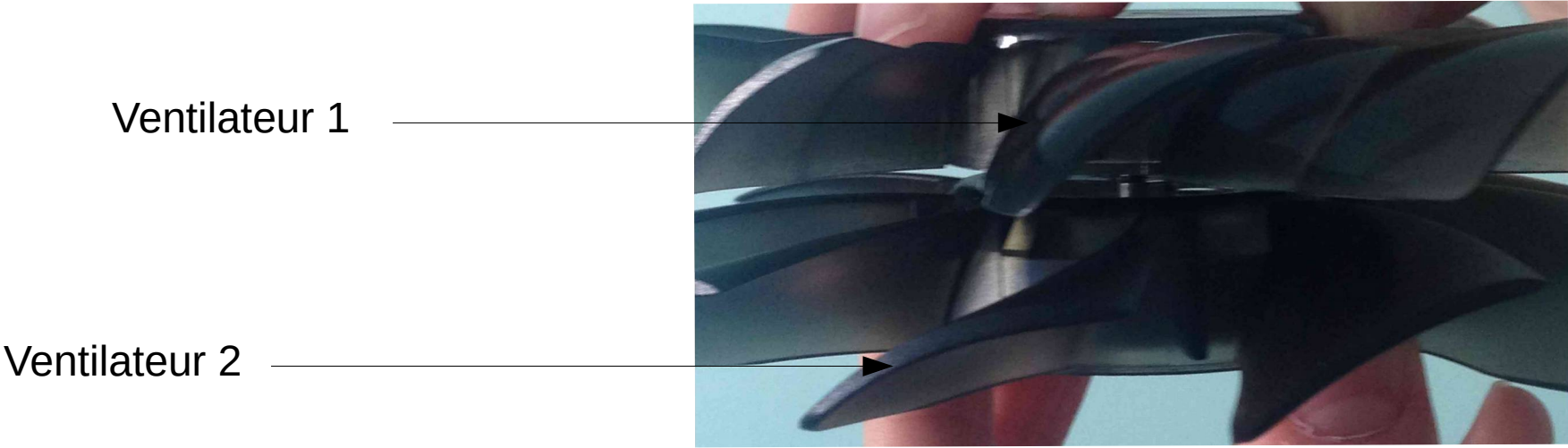
Ventilateur 2



Introduction	Caractéristique du ventilateur	Détermination du débit d'air	Évaluation du bruit	Étude et prévision théoriques	Conclusion
--------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------	-------------------------------	------------

Caractéristique d'une pale	Ventilateur 1	Ventilateur 2
Surface (cm²)	7,0	8,8
Épaisseur centrale (mm)	1	2
Épaisseur de bord (mm)	0,5	1

Étude de l'inclinaison



**Axe d'étude**

- Étude de l'influence de la forme de la pale sur le débit
- Étude de l'influence du nombre de pale sur le débit
- Étude de l'influence du diamètre du ventilateur

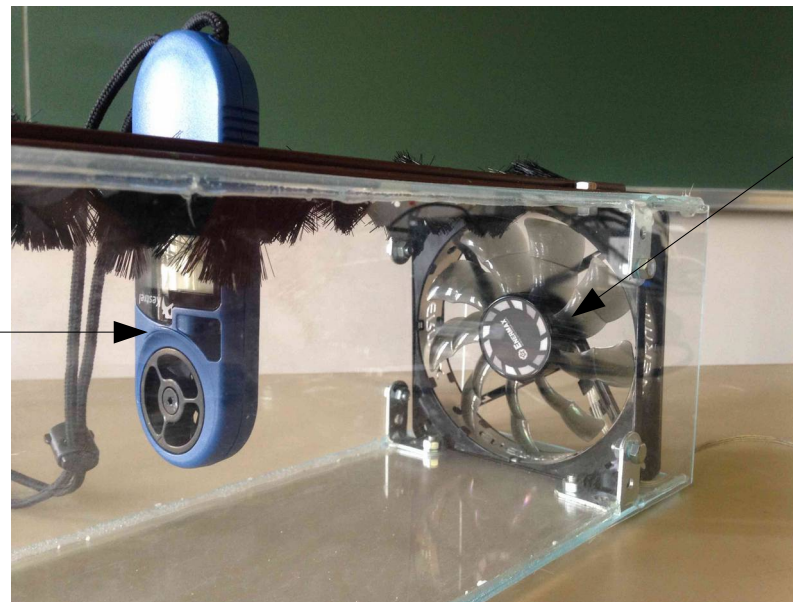
**Mise en œuvre du premier objectif**

- Mesure de la vitesse de l'air à l'aide d'un anémomètre
- Calcul du débit volumique

$$D_v = v * S$$

- Tracé des courbes du débit d'air en fonction de la vitesse de rotation

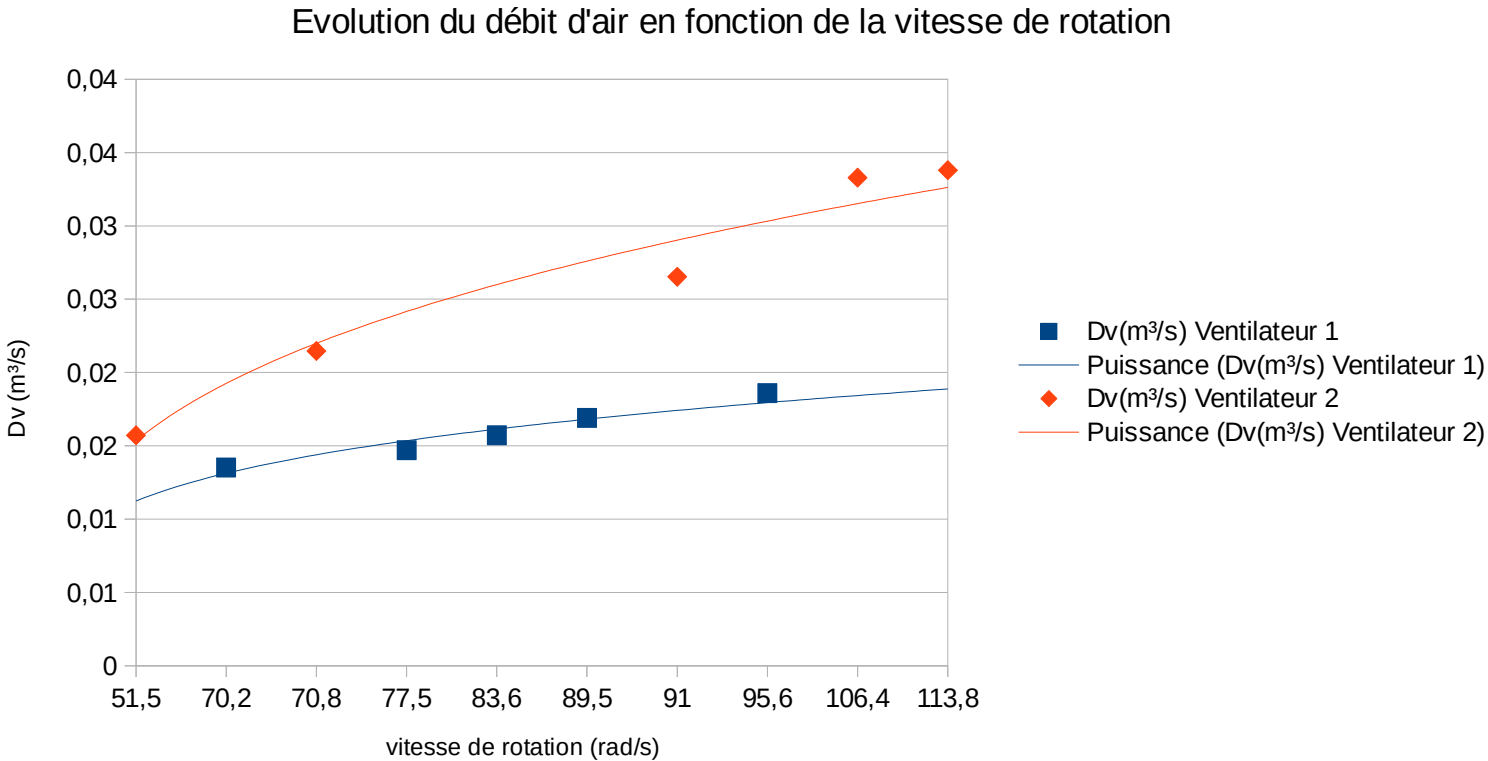
Anémomètre



Ventilateur

Introduction	Caractéristique du ventilateur	Détermination du débit d'air	Évaluation du bruit	Étude et prévision théoriques	Conclusion
--------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------	-------------------------------	------------

Vitesse de rotation (rad/s)	51,5	70,2	70,8	77,5	83,6	89,5	91	95,6	106,4	113,8
Débit volumique (m³/s) Ventilateur 1		0,014		0,015	0,016	0,017		0,019		
Débit volumique (m³/s) Ventilateur 2	0,016		0,023				0,029		0,035	0,036



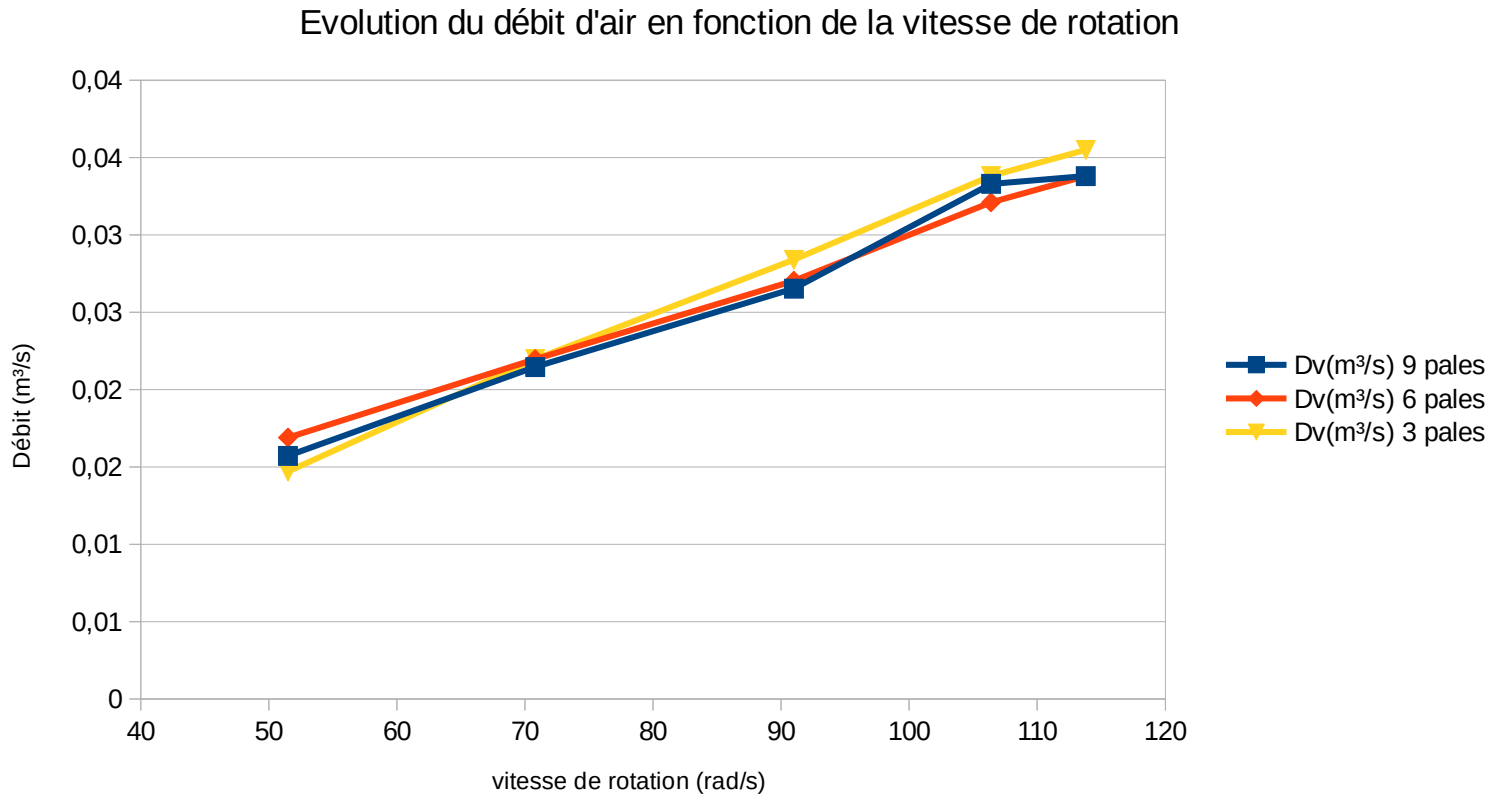
**Mise en œuvre du second objectif**

- Mesure de la vitesse de l'air
- Calcul du débit d'air
- Comparaison du débit entre un ventilateur à 9 pales et un même ventilateur mais à 6 pales

*Ventilateur 9 pales**Ventilateur 6 pales**Ventilateur 3 pales*



Introduction	Caractéristique du ventilateur	Détermination du débit d'air	Évaluation du bruit	Étude et prévision théoriques	Conclusion
Vitesse de rotation (en rad/s)	51,5	70,8	91	106,4	113,8
Débit volumique 6 pales (en m³/s)	0,017	0,022	0,027	0,032	0,034
Débit volumique 3 pales (en m³/s)	0,015	0,022	0,028	0,034	0,035



**Mise en œuvre du troisième objectif**

- 1<sup>ère</sup> tentative : fabrication d'une plaque avec un trou de 8 cm de diamètre



➔ Apparition de turbulence dans la conduite

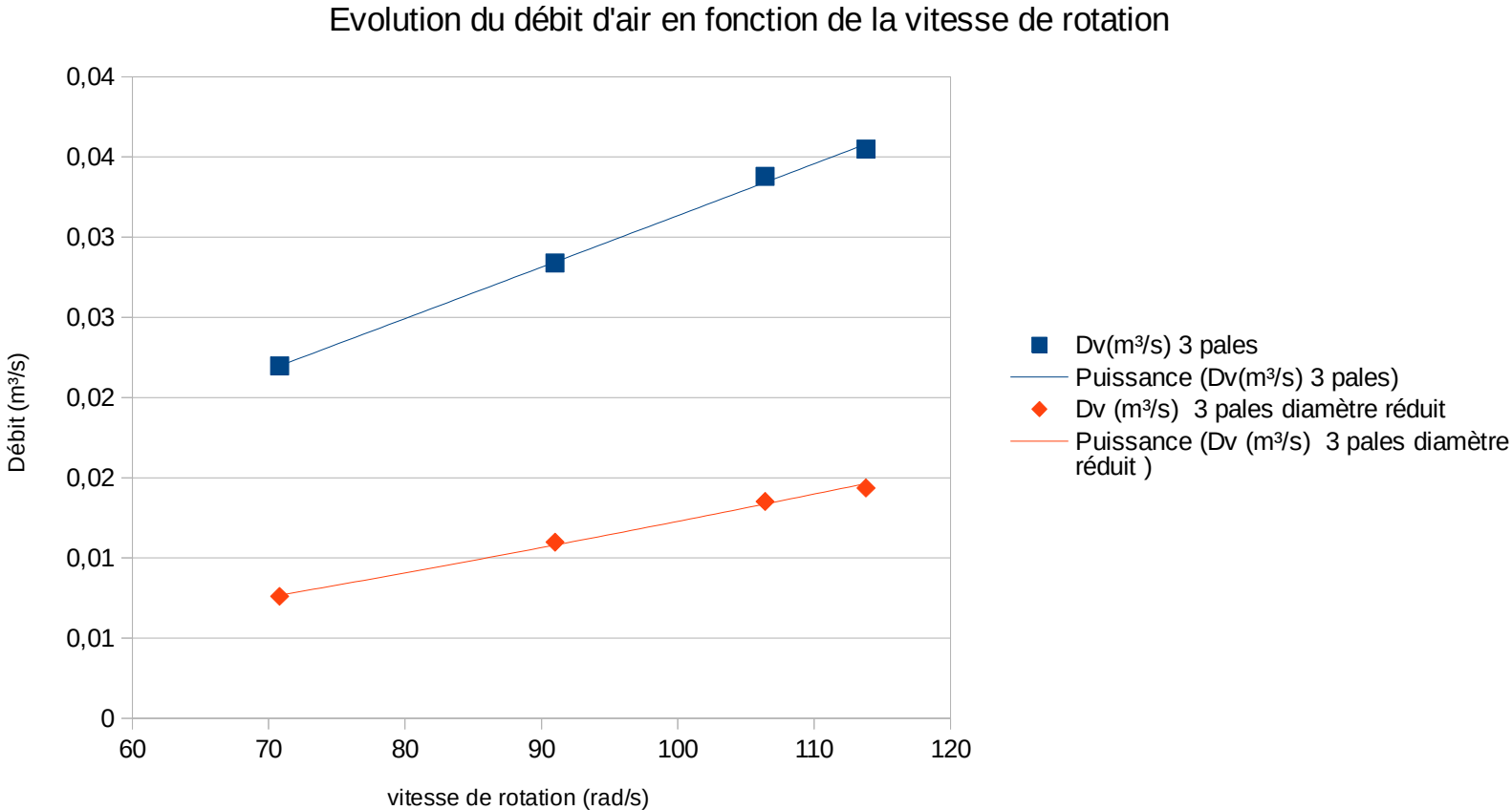
➔ Apparition d'un nouveau bruit dû au frottement de l'air contre la paroi

- 2<sup>ème</sup> tentative : découpage des pales



Introduction	Caractéristique du ventilateur	Détermination du débit d'air	Évaluation du bruit	Étude et prévision théoriques	Conclusion
--------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------	-------------------------------	------------

Vitesse de rotation (en rad/s)	70,8	91	106,4	113,8
Débit volumique (en m³/s)	0,008	0,011	0,013	0,014

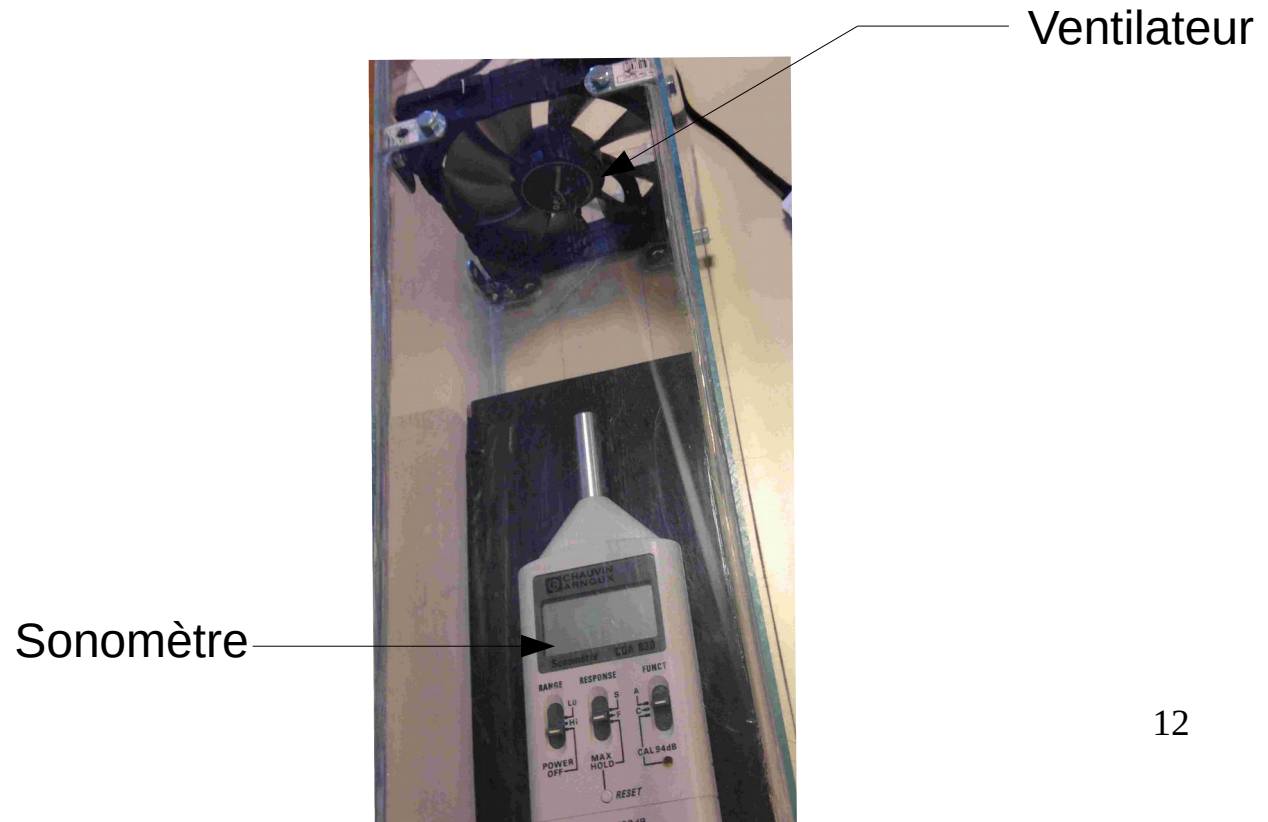


**Axe d'étude**

- Étude de l'influence de la forme de la pale sur le bruit
- Étude de l'influence du nombre de pale sur le bruit

**Mise en œuvre du premier objectif**

- Mesure du bruit à l'aide d'un sonomètre
- Tracé des courbes du bruit en fonction de la vitesse de rotation

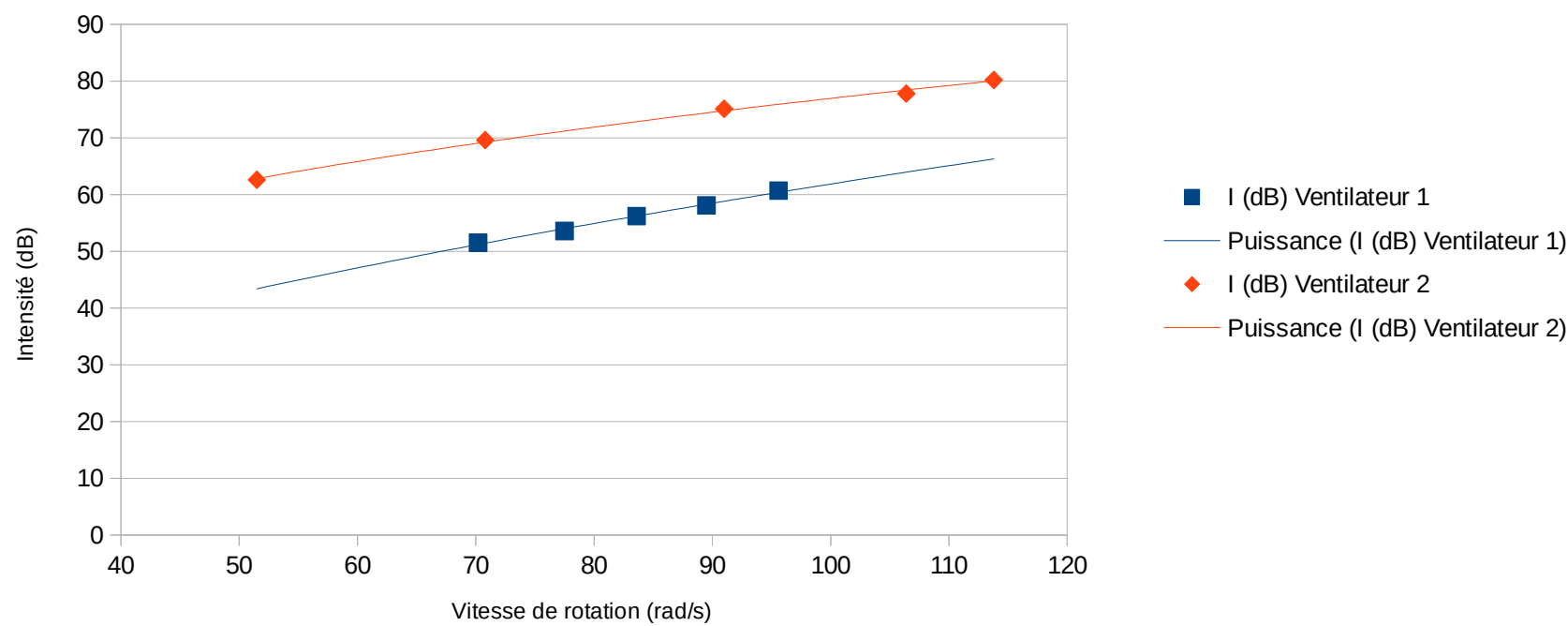




Introduction	Caractéristique du ventilateur	Détermination du débit d'air	Évaluation du bruit	Étude et prévision théoriques	Conclusion
--------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------	-------------------------------	------------

Vitesse de rotation (rad/s)	51,5	70,2	70,8	77,5	83,6	89,5	91	95,6	106,4	113,8
Intensité (en dB) Ventilateur 1		51,2		53,6	56,2	58,1		60,7		
Intensité (en dB) Ventilateur 2	62,6		69,6				75,1		77,8	80,2

Intensité sonore en fonction de la vitesse de rotation

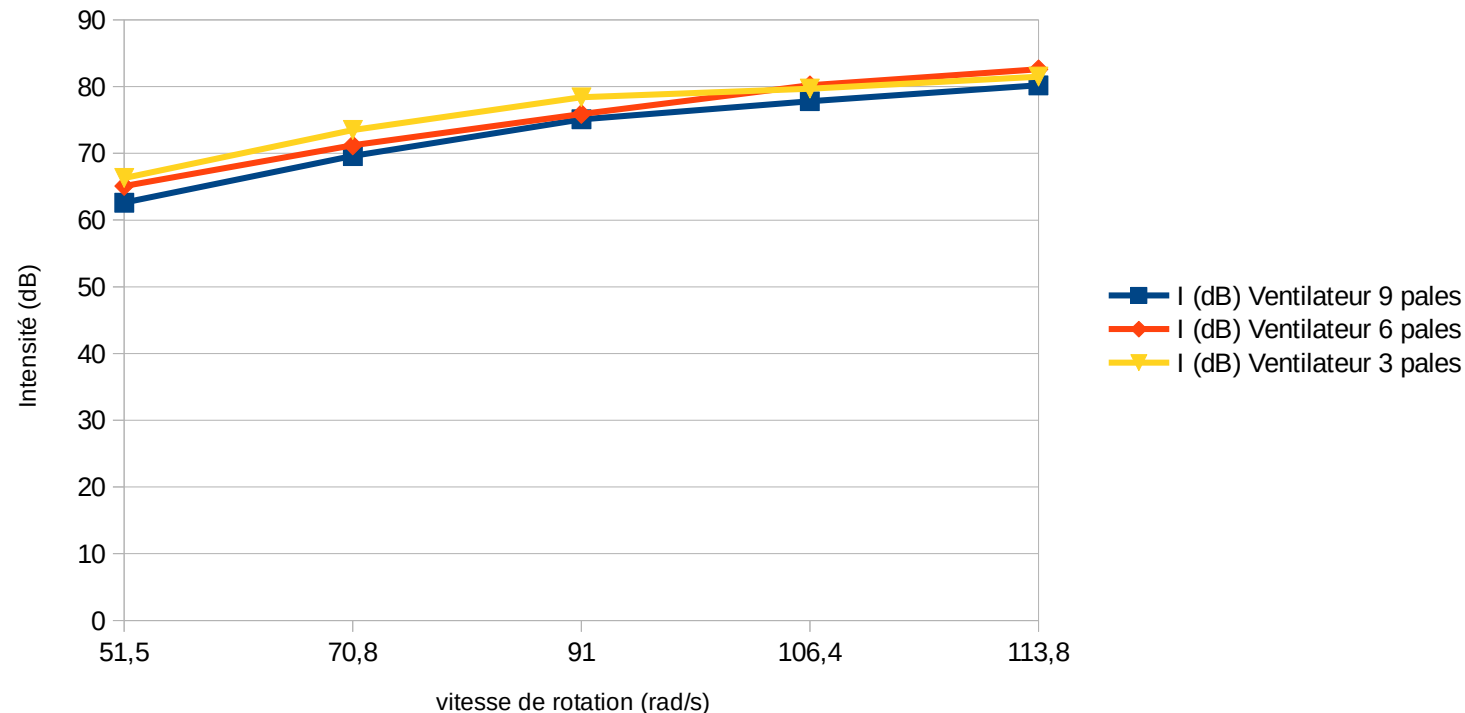


## Mise en œuvre du second objectif

- Mesure du bruit à l'aide d'un sonomètre
- Comparaison du bruit engendré entre un ventilateur 9 pales et un ventilateur 6 pales.

Vitesse de rotation (en rad/s)	51,5	70,8	91	106,4	113,8
Intensité (en dB)	65,1	71,2	75,9	80,2	82,6

Evolution de l'intensité sonore en fonction de la vitesse de rotation



## Lois aérauliques

- Pour un même diamètre d'hélice

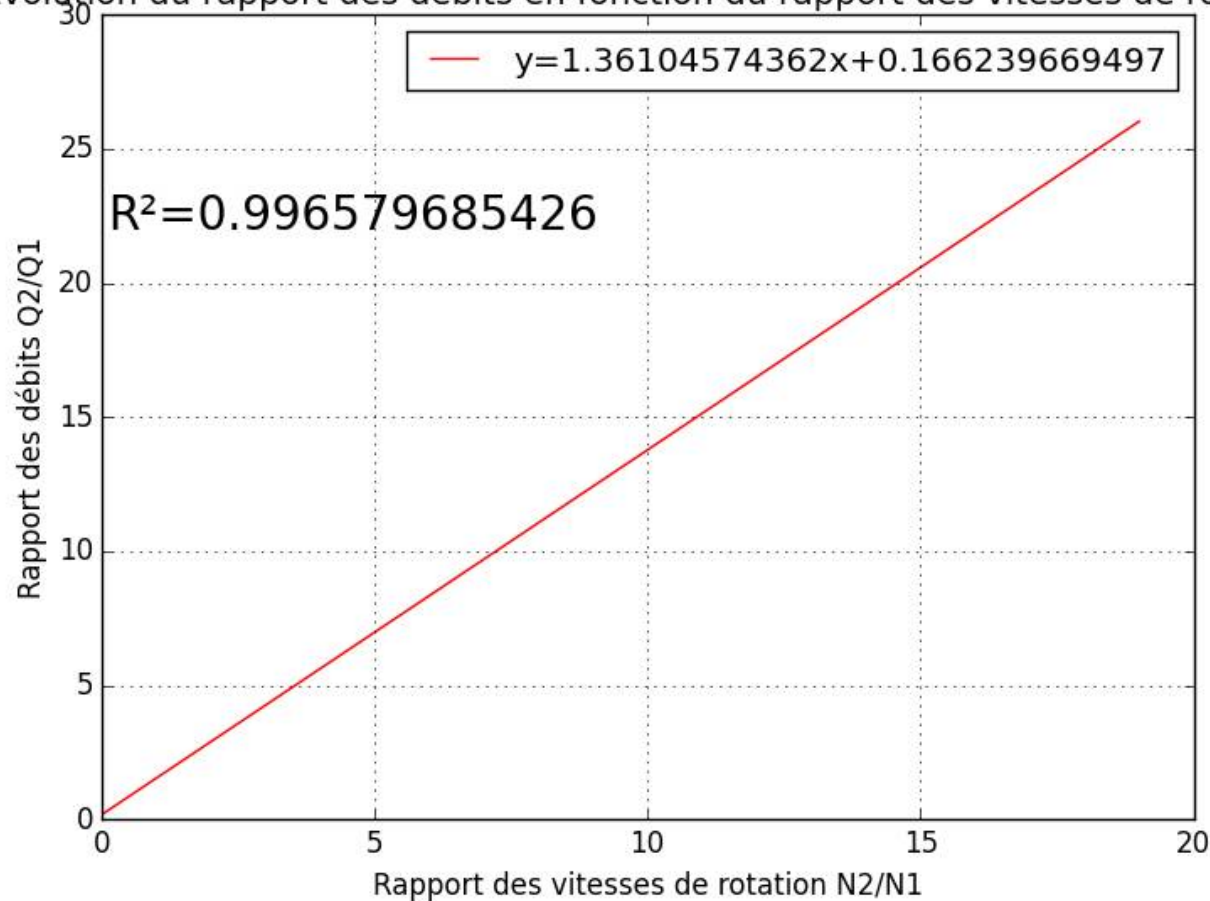
$$\star \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Variable

Unité

 $Q_1, Q_2$  $\text{m}^3/\text{s}$  $N_1, N_2$  $\text{rad/s}$ 

Evolution du rapport des débits en fonction du rapport des vitesses de rotation



- Pour un diamètre différent et une même vitesse de rotation

$$\star \frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

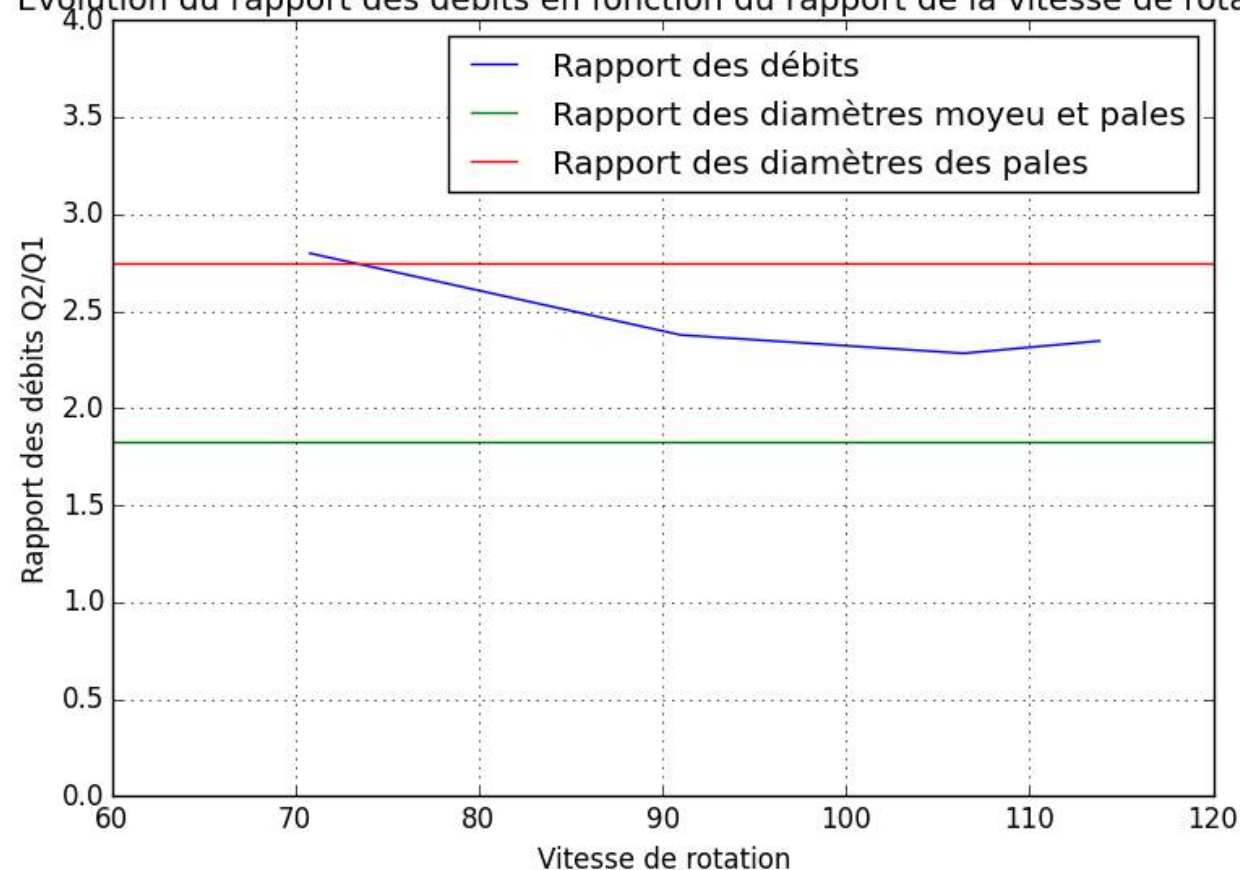
Variable

Unité

 $Q_1, Q_2$ m<sup>3</sup>/s $D_1, D_2$ 

cm

Evolution du rapport des débits en fonction du rapport de la vitesse de rotation





★  $I_2 = I_1 + 50 \times \log\left(\frac{N_2}{N_1}\right)$

Variable

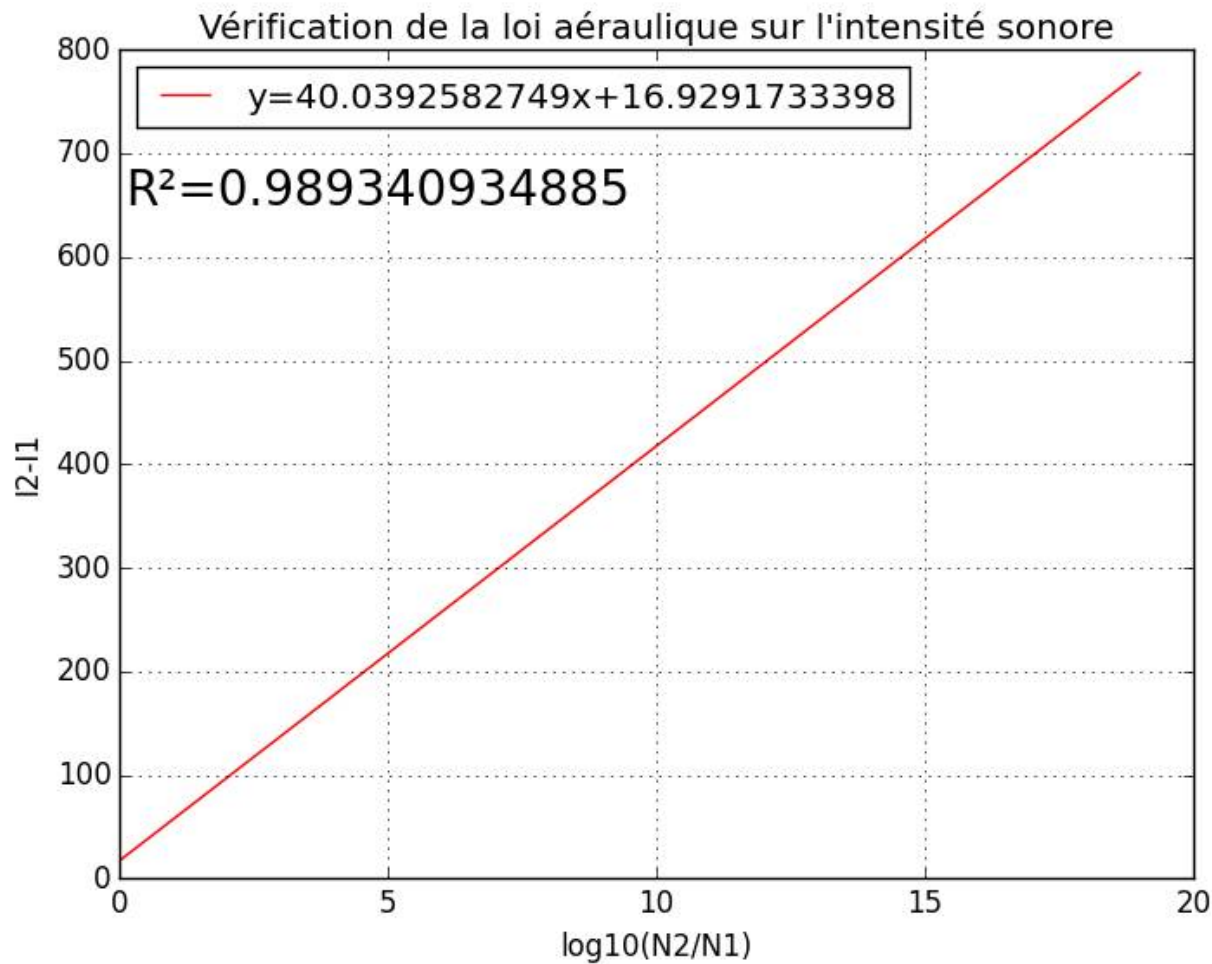
Unité

 $I_1, I_2$ 

dB

 $N_1, N_2$ 

rad/s



**Quelle optimisation doit-on apporter à un ventilateur afin d'allier performance et silence ?**

*Mesure des  
performances*

Mesure du  
débit d'air

Évaluation de  
l'intensité sonore

*Analyse du  
problème*

Identification de l'influence des paramètres

*Correction du  
problème*

Augmentation de la surface de contact ———> Augmentation du débit et du bruit  
Nombre de pales ———> Aucune influence sur le débit et le bruit

## Solution pour optimiser les pales d'un ventilateur

- *Proposition :*
  - pales plus fines au niveau des bords d'attaques et de fuite
  - pales comportant une ou plusieurs irrégularités
  - une inclinaison pas trop forte permettant d'obtenir une surface de contact pas trop faible

