

La turbine Wells : pièce essentielle de la colonne d'eau oscillante

Ulysse THOMAS 35966
Alice BARBÉ 50902

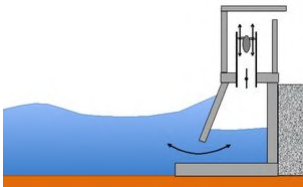
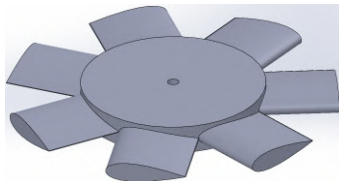


Schéma d'une colonne d'eau oscillante



Turbine Wells

Problématique

Quels sont les paramètres qui influencent le rendement d'une turbine Wells dans le cadre de la production d'électricité à partir d'une colonne d'eau oscillante ?

Sélection de la génératrice:



Electrical Specifications

| Model | Voltage | No-load Current | No-load Speed | Rated Current | Rated Speed | Rated Torque | Starting Torque | Starting Current |
|----------------|---------|-----------------|---------------|---------------|-------------|--------------|-----------------|------------------|
| | VDC | A | rpm | A | rpm | mNm | mNm | A |
| FF-130RH-11340 | 7.5 | 0.033 | 6100 | 0.14 | 4900 | 1.1 | 5.5 | 0.57 |
| FF-130SH-14230 | 3 | 0.037 | 3600 | 0.13 | 2850 | 0.7 | 3.5 | 0.53 |
| FK-130SH-09490 | 12 | 0.034 | 9000 | 0.12 | 7000 | 0.9 | 4.0 | 0.41 |

Établissement de la puissance mécanique du flux d'air incident:

$$P = \dot{E}_c(x) = \frac{1}{2} \dot{m}(x) v^2(x)$$

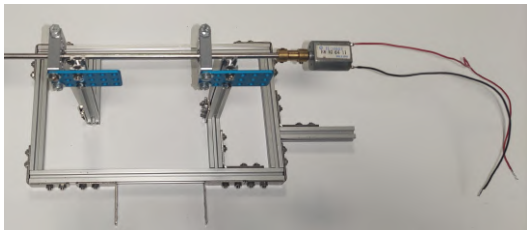
$$\text{or } \operatorname{div}(\vec{v}(M, t)) = \vec{0},$$

$$\text{donc } \dot{m}(x) = S \rho v$$

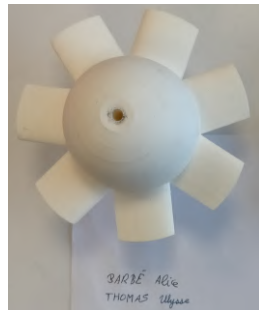
$$\text{donc } \boxed{P = \frac{1}{2} S \rho v^3}$$

La vitesse du vent est mesurée avec un anémomètre au niveau de la turbine.

Première manipulation

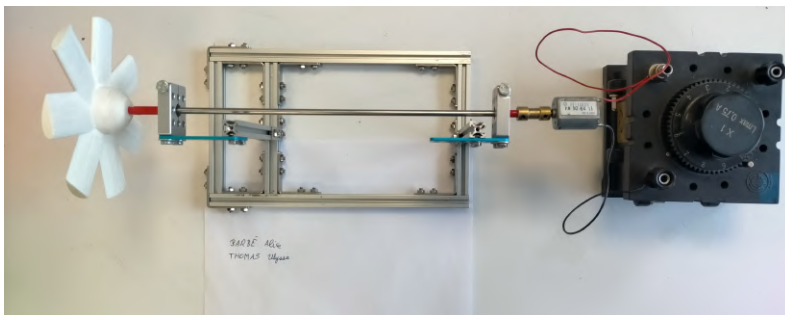


Support conçu et génératrice



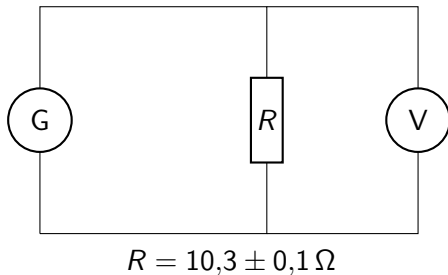
Turbine Wells
imprimée en 3D

Première manipulation



Mise en place d'une résistance aux bornes de la génératrice pour relever la puissance électrique fournie.

Montage électrique réalisé avec la génératrice :



Premier relevé de puissance :

- $P_{\text{électrique}} = 5,1 \text{ mW}$
- $P_{\text{vent}} = 13 \text{ W}$

Rendement : $\eta_1 = 0,039\%$

Deuxième turbine

Impression d'une deuxième turbine Wells en 3D :

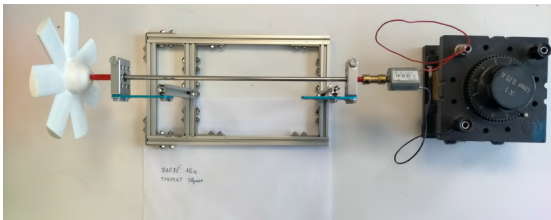


Avantages :

- Moins de poids
- Pales plus grandes
- Noyau réduit

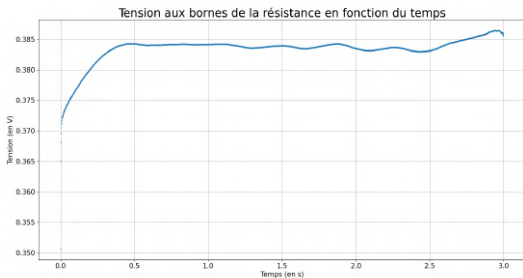
Deuxième turbine

Avec le même montage électrique et le même protocole, on a :



Deuxième relevé expérimental :

- $P_{\text{électrique}} = 33 \text{ mW}$
- $P_{\text{vent}} = 4,19 \text{ W}$

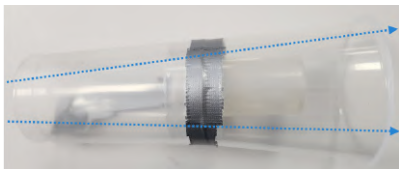
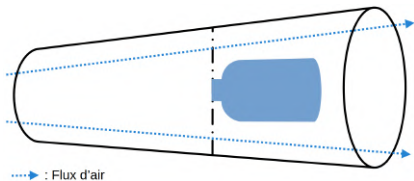


$$\eta_2 = 0,8\%$$

Paramètres importants identifiés :

- Surface d'écoulement
- Taille des pales
- Taille du noyau

Surface d'écoulement concentrée au centre avec le sèche-cheveux, fabrication d'un adaptateur :



Adaptateur devant la turbine

Schéma et photo de l'adaptateur réalisé

Relevé expérimental :

- $P_{\text{électrique}} = 26 \text{ mW}$
- $P_{\text{éolienne}} = 5,4 \text{ W}$

$$\eta_3 = 0,48\%$$

donc $\eta_2 > \eta_3$

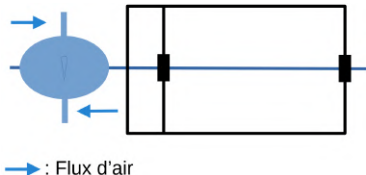
Explication:

Le centre de l'adaptateur n'est pas profilé donc il y a beaucoup de pertes en charge.

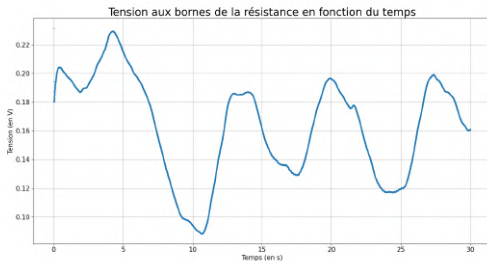
Expérimentation d'un flux d'air bidirectionnel

Avec la première turbine, on obtient cette courbe :

Schéma de l'expérience



Relevé expérimental

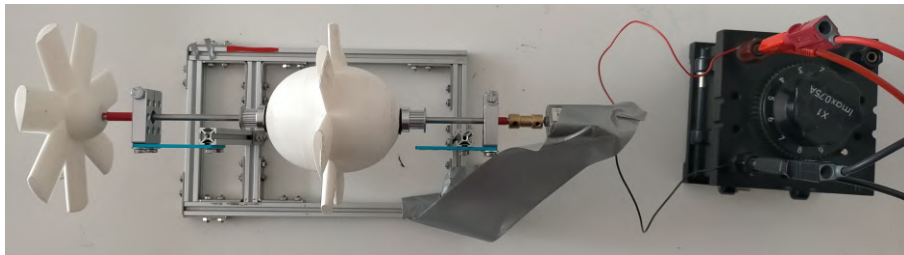


Expérimentation d'un flux d'air bidirectionnel

Explication du phénomène :

- Moins d'inertie sur la deuxième turbine
- épaisseur de chevauchement des pales

Tentative de rajout de poids sur l'axe avec la 2^e turbine :



Expérimentation d'un flux d'air bidirectionnel

Grâce à une simulation informatique, on relève l'inertie des deux turbines et on confirme l'observation précédente :

Moment d'inertie des turbines
autour de leur axe de rotation :

```
Moments d'inertie: ( kilogrammes * mètres carrés )
Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.
Lxx = 4.525e-05    Lxy = 0    Lxz = 0
Lyx = 0           Lyy = 4.559e-05    Lyz = 0
Lzx = 0           Lzy = 0    Lzz = 4.525e-05
```

Inertie de la 1^{ère} turbine

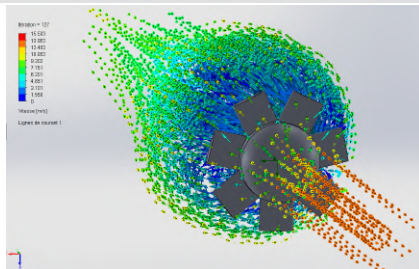
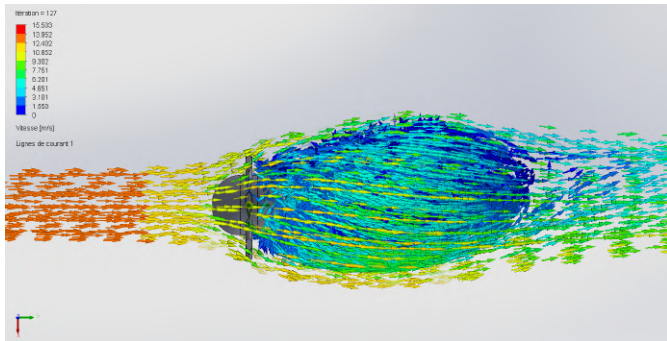
```
Moments d'inertie: ( kilogrammes * mètres carrés )
Pris au centre de gravité et aligné avec le système de coordonnées de sortie.
Lxx = 1.334e-05    Lxy = 0    Lxz = 0
Lyx = 0           Lyy = 2.534e-05    Lyz = 0
Lzx = 0           Lzy = 0    Lzz = 1.334e-05
```

Inertie de la 2^{ème} turbine

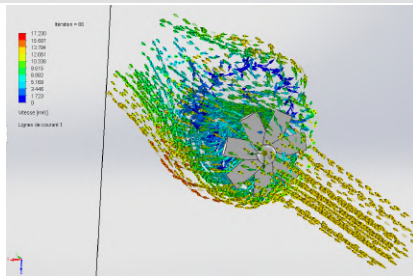
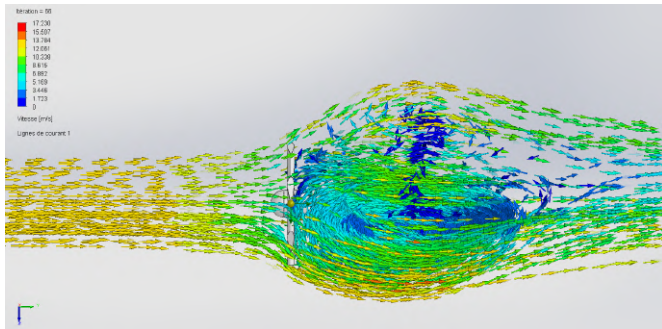
Paramètre important identifié :

- Inertie de la turbine

Simulations Informatiques



Simulations Informatiques



Résultats d'une analyse statique :

Meilleurs résultats qu'avec la maquette car :

- État de surface des pales différent
- Surface d'écoulement différente

Principaux paramètres identifiés :

- Génératrice utilisée
- Taille du noyau
- Surface du souffle
- Taille des pales
- État de surface des pales

Fin de la présentation



Dispositif de colonne d'eau oscillante en Écosse (2000)

Programme python permettant de réaliser les relevés expérimentaux et de les afficher :

```
1 # ce script effectue une acquisition sur une voie
2 # et une analyse spectrale du signal
3
4 import pycanum.main as pycan
5 import matplotlib.pyplot as plt
6 import numpy as np
7 import os as os
8
9 # ouverture de l'interface pour SysamSP5
10 can = pycan.Sysam("SP5")
11 # configuration de l'entrée 1 avec un calibre 1.0 V
12 can.config_entrees([1],[1.0])
13
14 # Période d'échantillonnage (minimum 1e-7 secondes)
15 te = 1e-3
16 # durée de l'acquisition
17 T = 3
18 # nombre d'échantillons (Max 260000 environ)
19 N = int(T/te)
20 print(N)
21
22 # configuration de l'échantillonnage. La période d'échantillonnage est donnée en
23 microsecondes
24 can.config_echantillon(te*10**6,N)
25 # acquisition
26 can.acquerir()
27 # Lecture des instants et des tensions pour la voie 0
28 t0=can.temps()[0]
29 u0=can.entrees()[0]
30 # fermeture de l'interface
31 can.fermer()
32 # enregistrement dans un fichier texte pour un traitement ultérieur
33 np.savetxt('valeurs.txt',[t0,u0])
34
```

```
35 # On relie la période d'échantillonnage et la durée à partir des données
36 # car il peut y avoir une différence avec les valeurs spécifiées au départ
37 te = t0[1]-t0[0]
38 fe = 1.0/te
39 N = t0.size
40 T = t0[N-1]-t0[0]
41
42 # Tracé temporel du signal et enregistrement de la figure dans un fichier pdf
43 plt.figure()
44 plt.plot(t0, u0, color="blue", lw=1, ls='-', marker='o', markersize=2.5)
45 plt.title("Représentation temporelle "+" Te="+str(te*1e6)+"$\mu s$")
46 plt.xlabel("EA0 (s)")
47 plt.ylabel("u (V)")
48 #plt.axis([0,0.01,-5.5,6.5])
49 plt.grid()
50 plt.savefig("signal.pdf")
```

Programme python permettant de filtrer les relevés expérimentaux et d'afficher les courbes résultantes, avec deux méthodes différentes :

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 t0,u0=np.loadtxt("Premier_test_06-12-2024.txt",unpack=True) #importation du fichier source
5
6 ##Lissage par moyenne glissante d'ordre n :
7 #Chaque point est remplacé par la moyenne des n points autour de lui.
8 def lissage(n,sign_b):
9     sign_l = np.copy(sign_b)
10    for i in range(1,len(sign_b)-1):
11        ord_g = min(i,n)
12        ord_d = min(len(sign_b)-i-1,n)
13        ord_i=min(ord_g,ord_d)
14        sign_l[i]=np.sum(sign_b[i-ord_i:i+ord_i+1])/(2*ord_i+1)
15    return(sign_l)
16
17 ##Lissage par l'implémentation d'un filtre passe-bas:
18 #Ce filtre a une fréquence de coupure fc et un pas de temps h
19 def Filtrage(fc,S,h):
20     Yexp=np.copy(S)
21     for k in range(1,len(S)-1):
22         Yexp[k+1]=Yexp[k]*(1-h*2*np.pi*fc)+h*2*np.pi*fc*S[k] #équation de récurrence
23     return Yexp
24
25 te = t0[1]-t0[0]
26
27 sf=Filtrage(1,u0,te) #Création d'une liste correspondant au premier filtrage
28 sf2=liissage(131,sf) #Création dd'une liste correspondant au deuxième filtrage
29
30 #Affichage d'une des deux courbes obtenues aux lignes précédentes :
31 plt.figure()
32 plt.plot(t0,sf,ls='None',marker='+',markersize=3)
33 plt.tick_params(axis = 'both', labelsz = 15)
34 plt.xlabel("Temps (en s)",fontsize=15)
35 plt.ylabel("Tension (en V)",fontsize=15)
36 plt.title("Tension aux bornes de la résistance en fonction du temps",fontsize=25)
37 plt.grid()
38 plt.show()
```