Conversion d'énergie éolienne

Présenté par : DAD Abdellah

TIPE 2021

Thème : Les enjeux sociétaux

Plan :

Introduction

Fonctionnement

Energie cinétique

Conversion

Energie mécanique

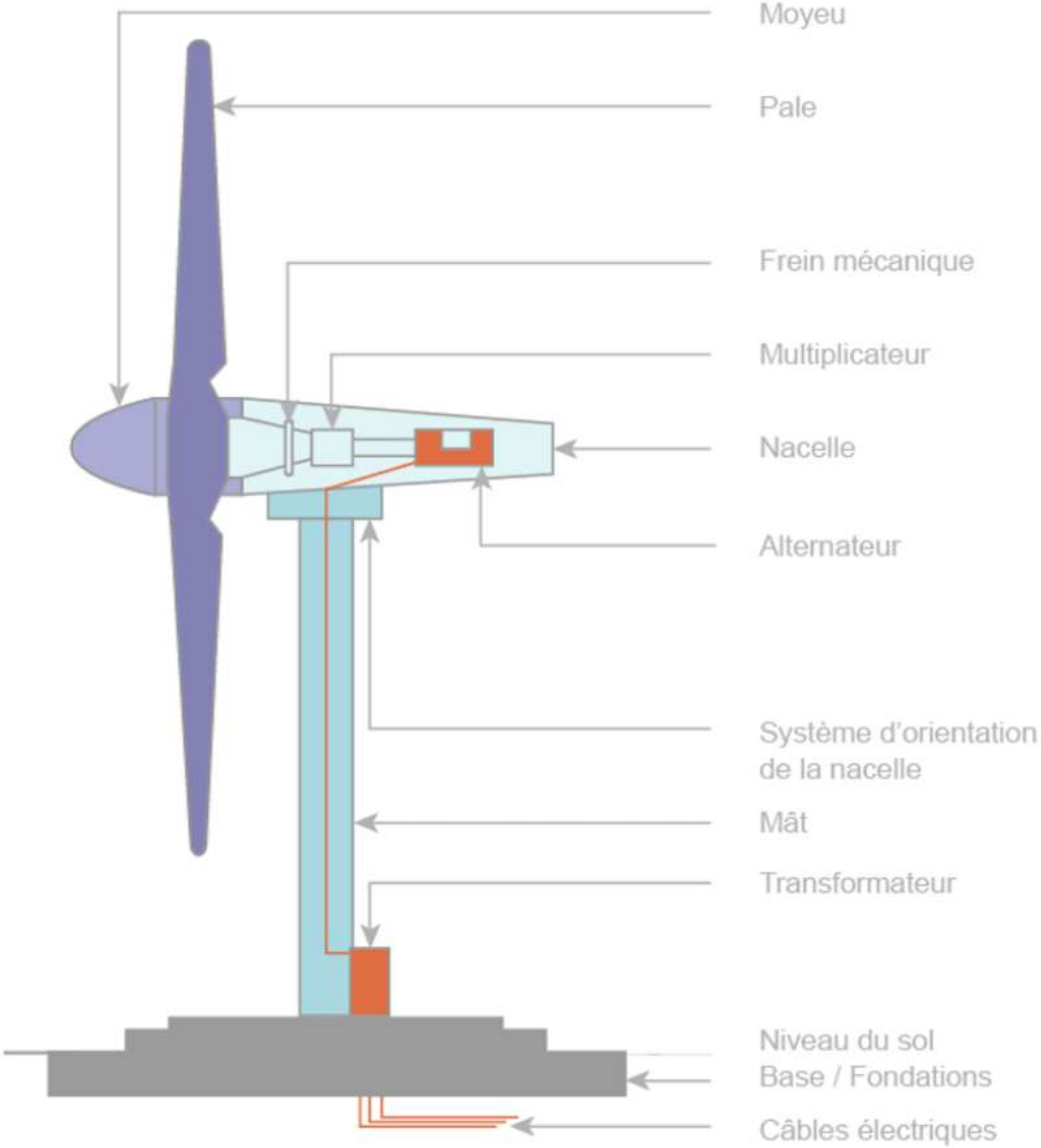
Fonctionnement optimal

Autres Contraintes

Conclusion

Introduction :

- Le vent est une ressource inépuisable, gratuite et disponible partout. Le vent est à la base de l'énergie éolienne, c'est son énergie cinétique qui va faire tourner l'éolienne.
- Quels sont les mécanismes et les phénomènes responsables processus de conversion de l'énergie éolienne ? Comment peut-on réaliser une conversion parfaite ?



Fonctionnement

1. Le vent fait tourner des pales qui font elles même tourner le générateur de l'éolienne.

2. À son tour le générateur transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique.

3. Le courant électrique est ensuite transformé et injecté dans le réseau électrique pour alimenter nos foyers.

Energie cinétique du vent – conversion en énergie mécanique :

Énergie fournie par le vent

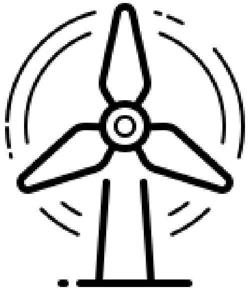
Loi de Betz

Optimisation

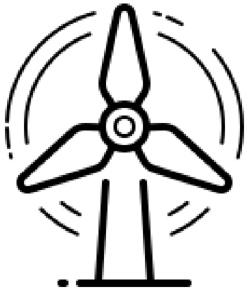
Énergie fournie par le vent :

Puissance théoriquement récupérable:

$$\boxed{\boldsymbol{P = E_{c/s}} = \frac{1}{2} m\, v^2 = \frac{1}{2} . \rho_0 . \mathrm{V} \, . \, \mathrm{S} \, . \, \boldsymbol{v^2}}$$



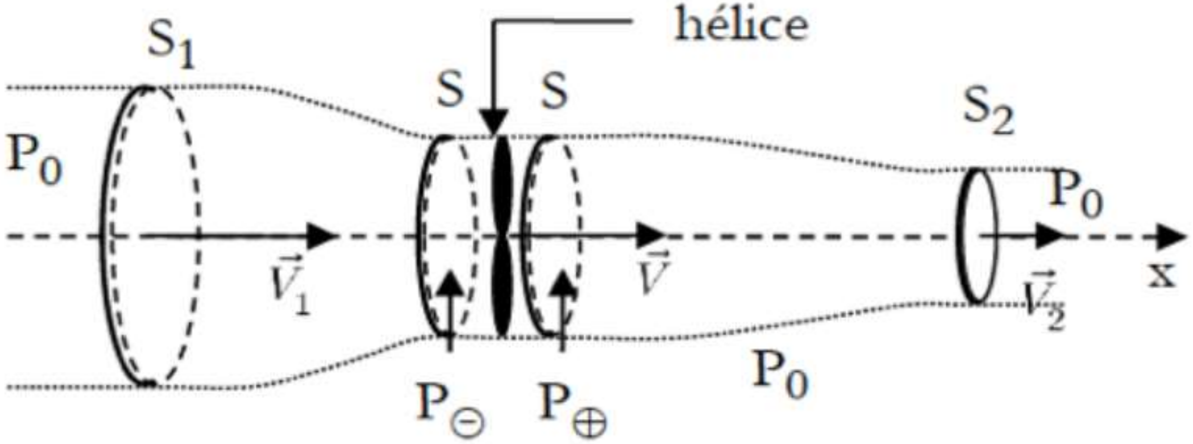
La masse volumique de l'air entre en compte dans la puissance. Cette masse volumique évolue avec l'altitude.
Une **f**aible variation de vitesse suffit pour engendrer une forte variation de puissance.



Loi de Betz

+ Le principe de l'incompressibilité de l'air et la continuité de l'écoulement :

$$S_1V_1 = SV = S_2V_2$$



+ Le théorème d'EULER :

$$F = \rho \,.\, S \,.\, V \,.(V_1 - V_2)$$

ANNEXE 2

+ Puissance aérodynamique :

$$P_{aero} = F.V = \rho \,.\, S \,.\, V .\,(V_1 - V_2)$$

+ En prenant : $V = \frac{V_1 + V_1}{2}$ On obtient : $P_{aero} = \frac{1}{2}\rho \,.\, S \,.\, V .\,({V_1}^2 - {V_2}^2)$

+ Puissance mécanique théorique : $P_{mt} = \frac{1}{2}\rho \,.\, S \,.\, {V_1}^3$

$$\boxed{C_p = \frac{P_{aero}}{P_{mt}} = \frac{\left(1+\frac{V_1}{V_2}\right)\left(1-\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2\right)}{2}}$$

Modélisation graphique

+ Le maximum est atteint pour $x = \frac{1}{3}$, et alors :

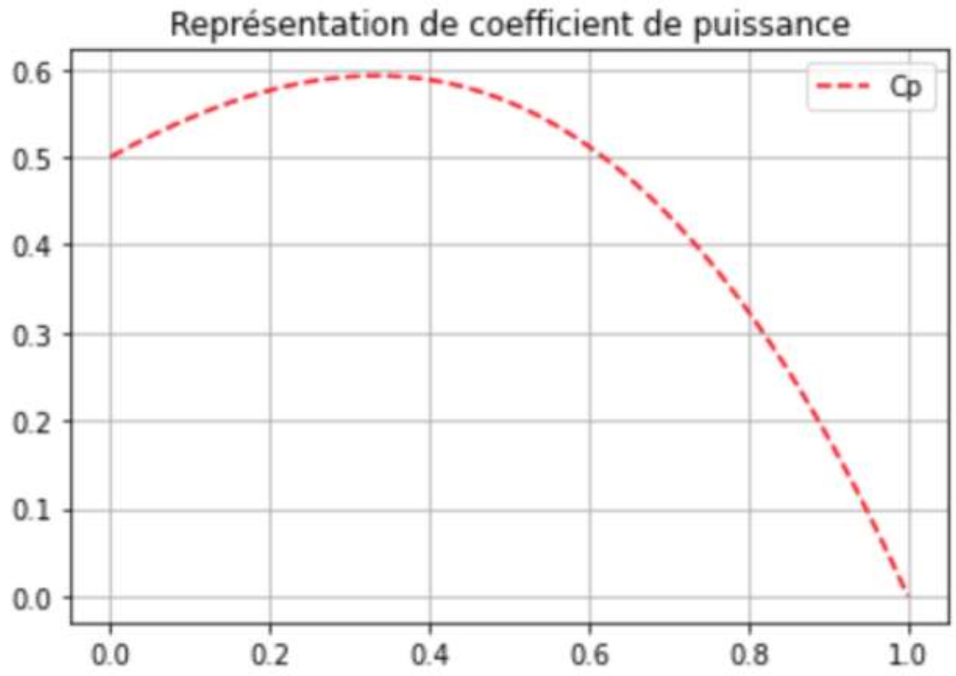
$$C_p = \frac{16}{27} = 0.59$$

+ On conclut que :

$$P_{max} = \frac{16}{27} . P_{cinétique}$$

==> Cette limite sera atteinte lorsque :

$$V_1 = \frac{1}{3} . V_2 \ (avale / amont)$$



Code python 1 : **Annexe 3**

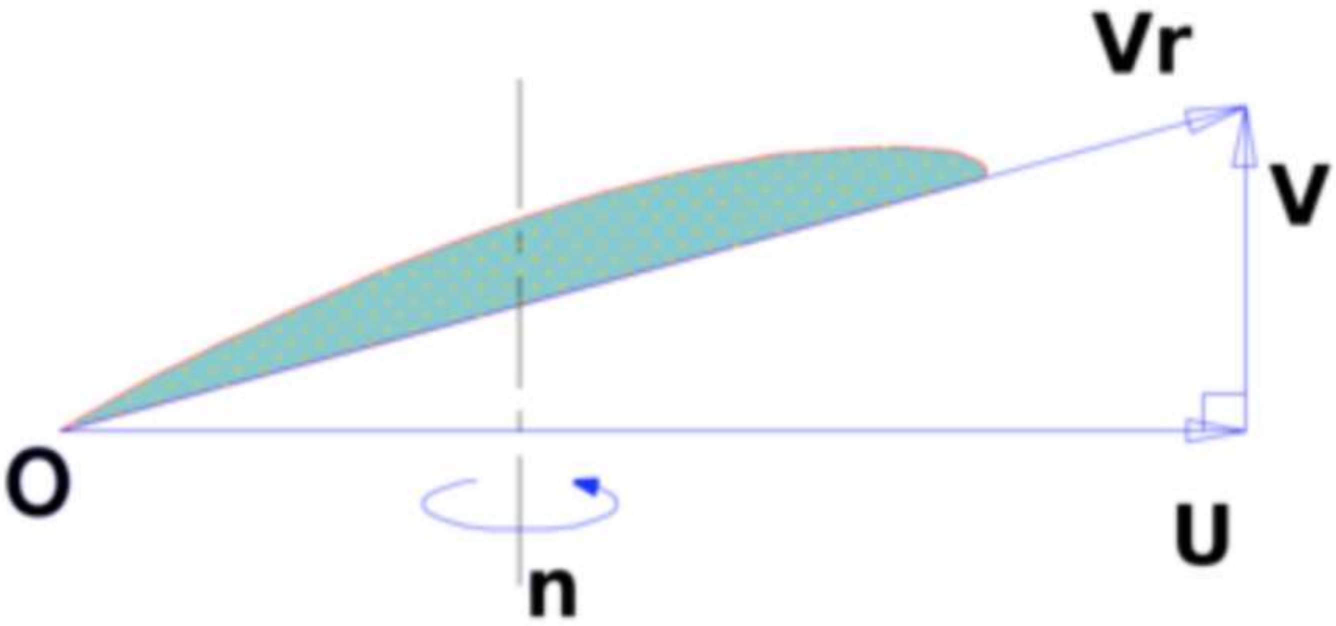
Paramètres mécaniques :

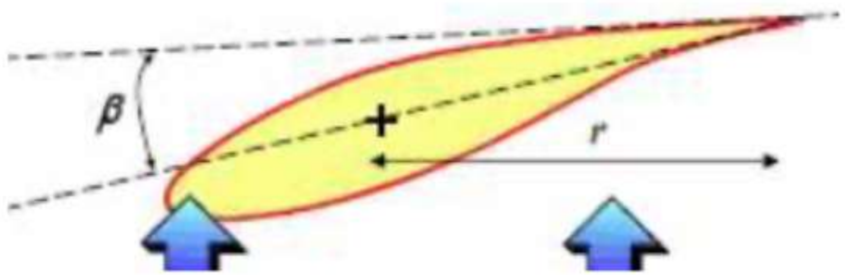
1 Vitesse spécifique :

$$\boxed{\lambda = \frac{U}{v} = \frac{\omega R}{v}}$$

2 Angle de calage :

L'angle de calage est l'angle formé par la pale et le plan de rotation de la pale.

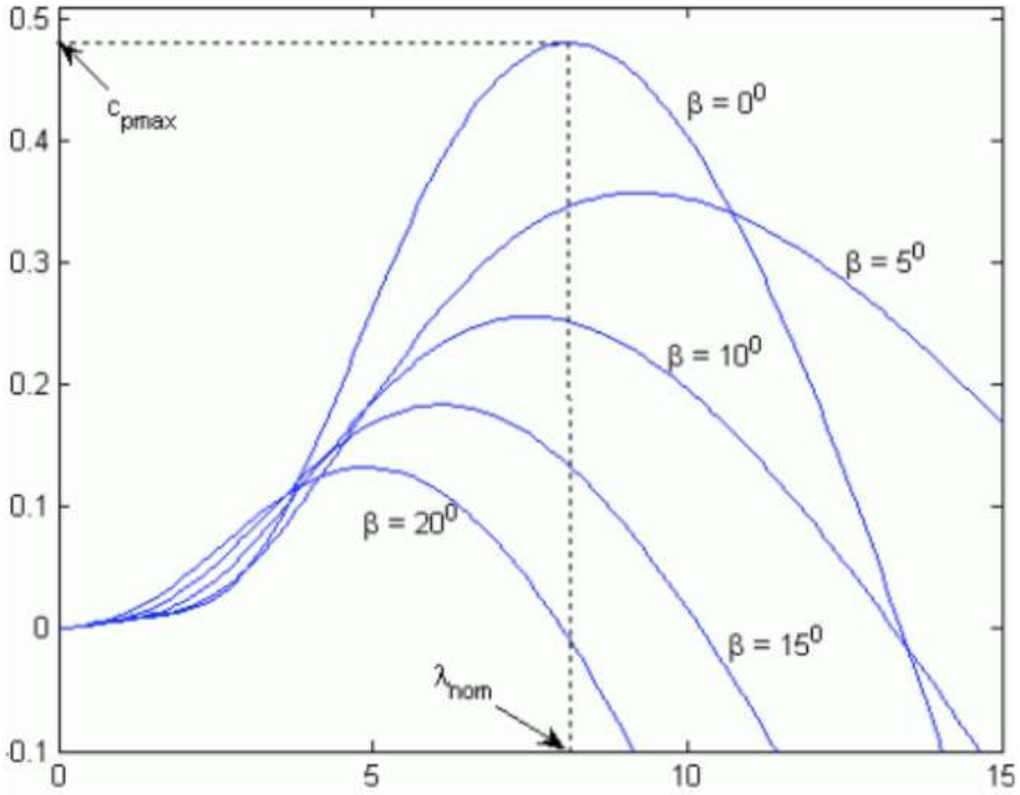




Etude approchée

+ Expression rapprochée de coefficient de puissance :

$$C_p(\lambda,\beta) = (0{,}35 - 0{,}00167)\cdot(\beta-2)\cdot \sin\left[\frac{\pi\cdot(\lambda+0{,}1)}{14{,}34 - 0{,}3\cdot(\beta-2)}\right] - 0{,}00184\cdot(\lambda-3)\cdot(\beta-2)$$



Code python : **Annexe 4**

Optimisation du rendement

La portance :

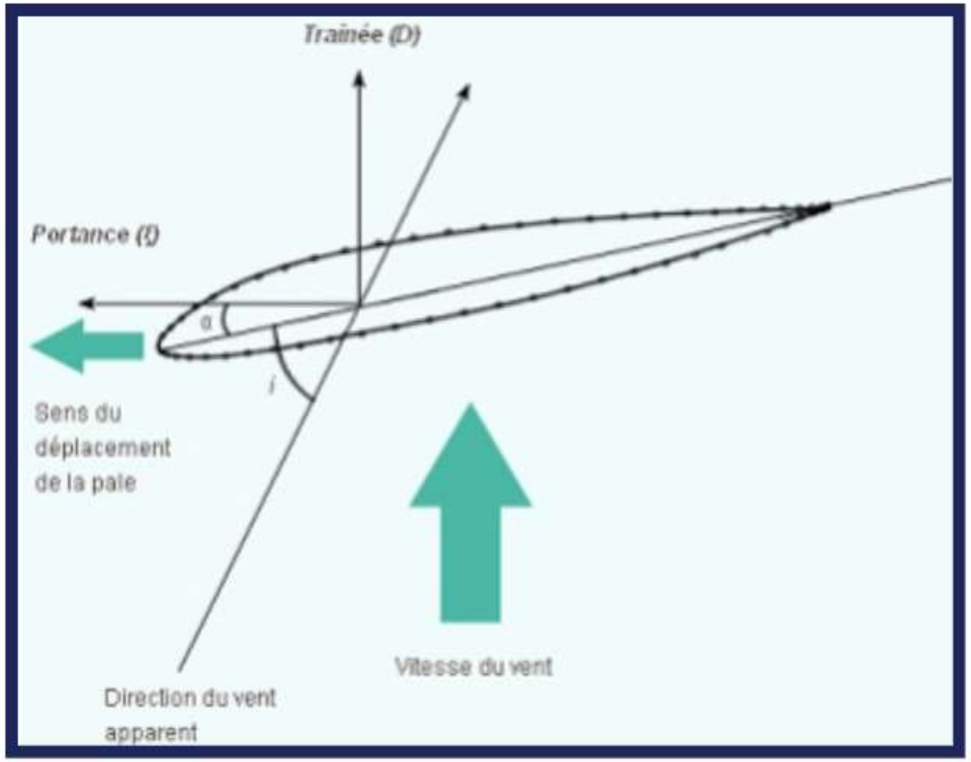
$$P = \frac{1}{2} V^2 \, S \, Cz$$

La traînée :

$$T = \frac{1}{2} V^2 \, S \, Cx$$

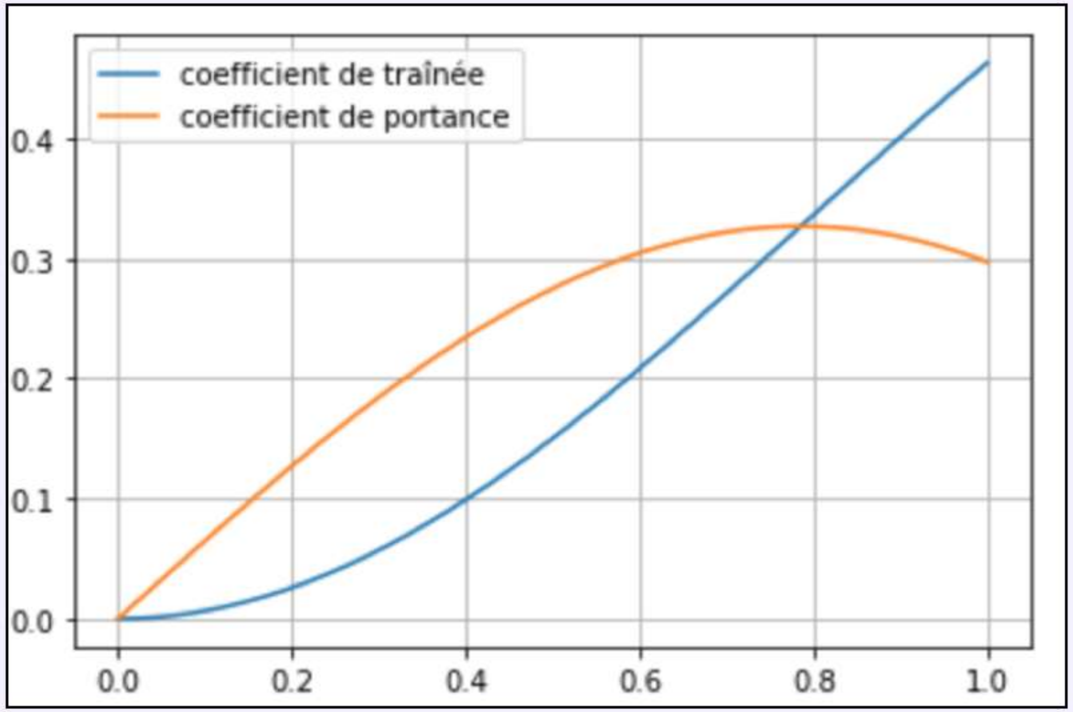
La finesse :

$$s = \frac{Cz}{Cx}$$



Modélisation graphique :

Évolution des coefficients de portance et de traînée en fonction de l'angle d'incidence en degré



Code python 2 : **Annexe 3**

Cx=2k/ ρ . $sin(i)^2$

Cz=2k/ ρ .sin(i)cos(i)

1. Pour maximiser le rendement d'une éolienne, il faut que la finesse soit maximale, autrement dit que la traînée soit minimale et la portance maximale.

2. En général l'utilisation de 3 pales fines fonctionnant à une vitesse bien supérieure à celle du vent permet d'exploiter au maximum la portance tout en générant une traînée la plus faible possible.

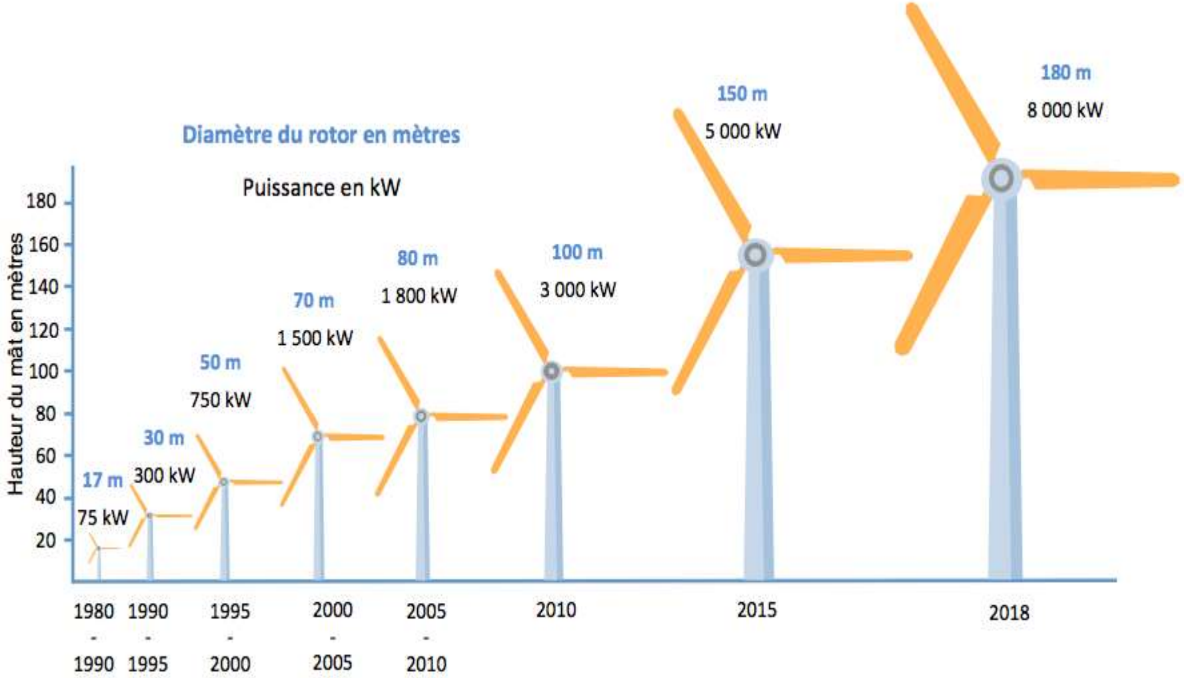
Autres Contraintes :

1 **L'altitude** :

Plus l'altitude est élevée et plus la masse volumique de l'air sera faible.

2 ***Temperature :***

Plus la température est élevée et plus la masse volumique de l'air sera faible. Une éolienne produira plus lorsque la température ambiante sera faible .



Paramètres influençant le point de fonctionnement d’une éolienne:

- Nombre de pale
- Largeur de pale
- Longueur de pale

Nombre de pale :

Données :

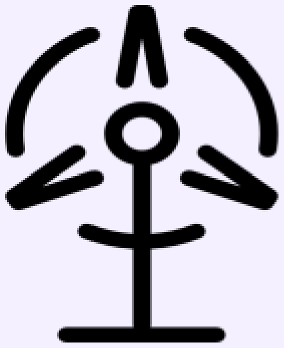
Vitesse du vent : 3m/s (10.8 km/h)

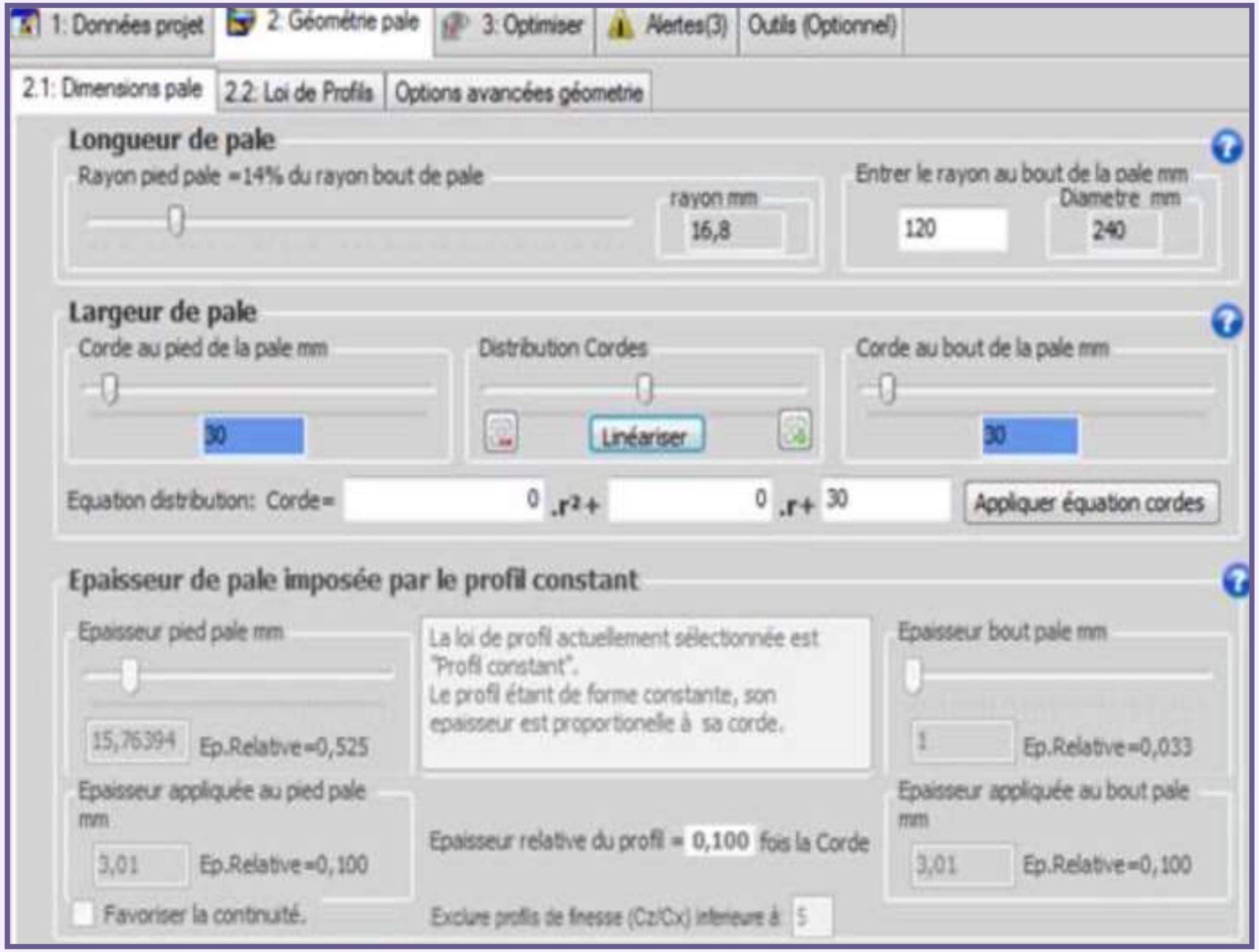
Rayon de la pale : 16.8 mm

Rayon bout de pale : 120 mm

Largeur de la pale : 30 mm

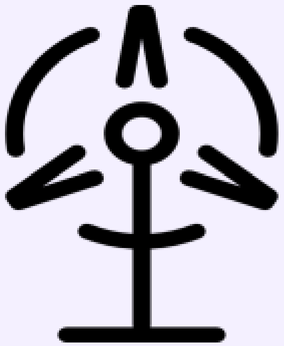
Corde bout de pale : 30 mm

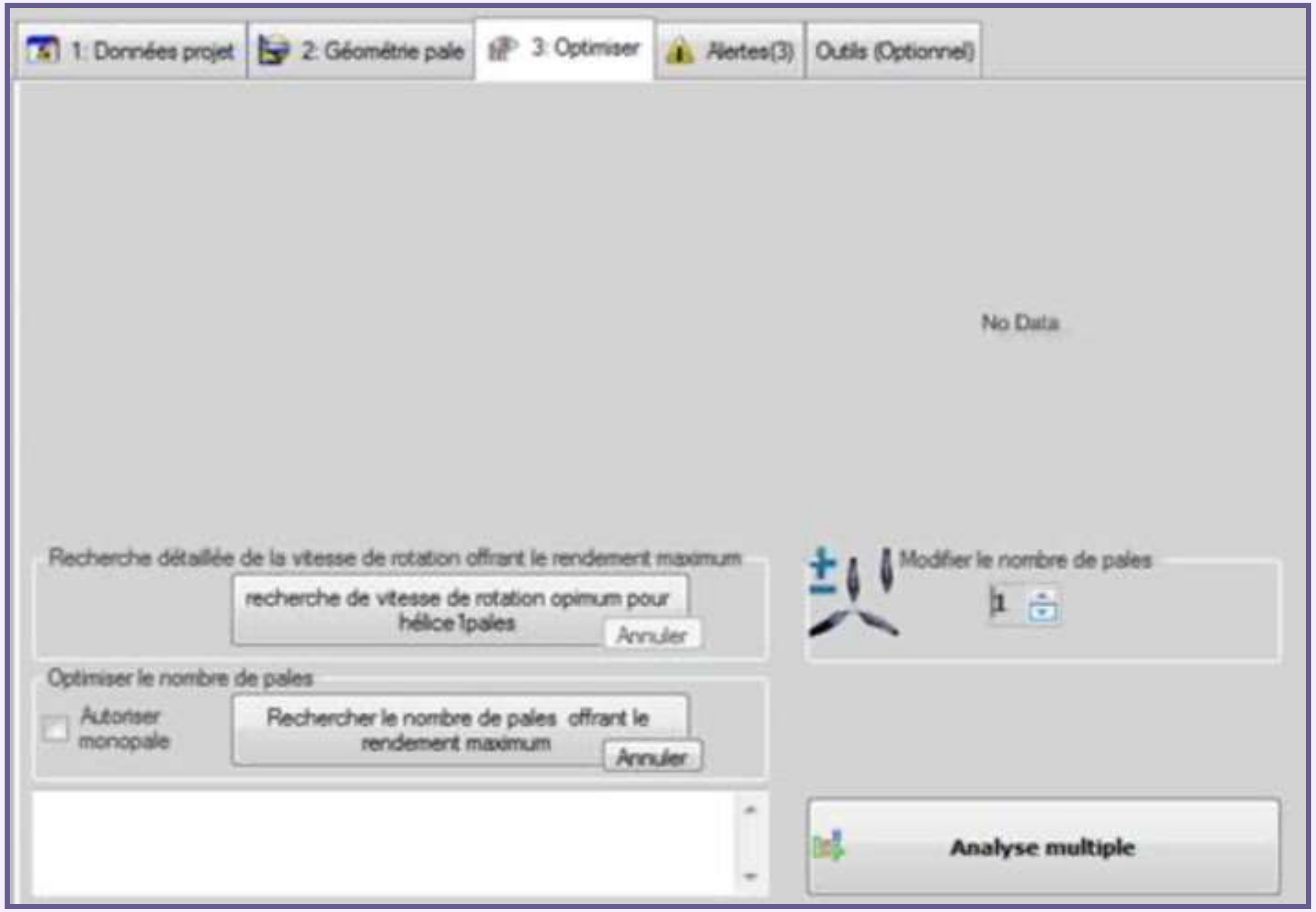




Nombre de pale :

Une première itération à 1 pale dans l'onglet « Optimiser » .

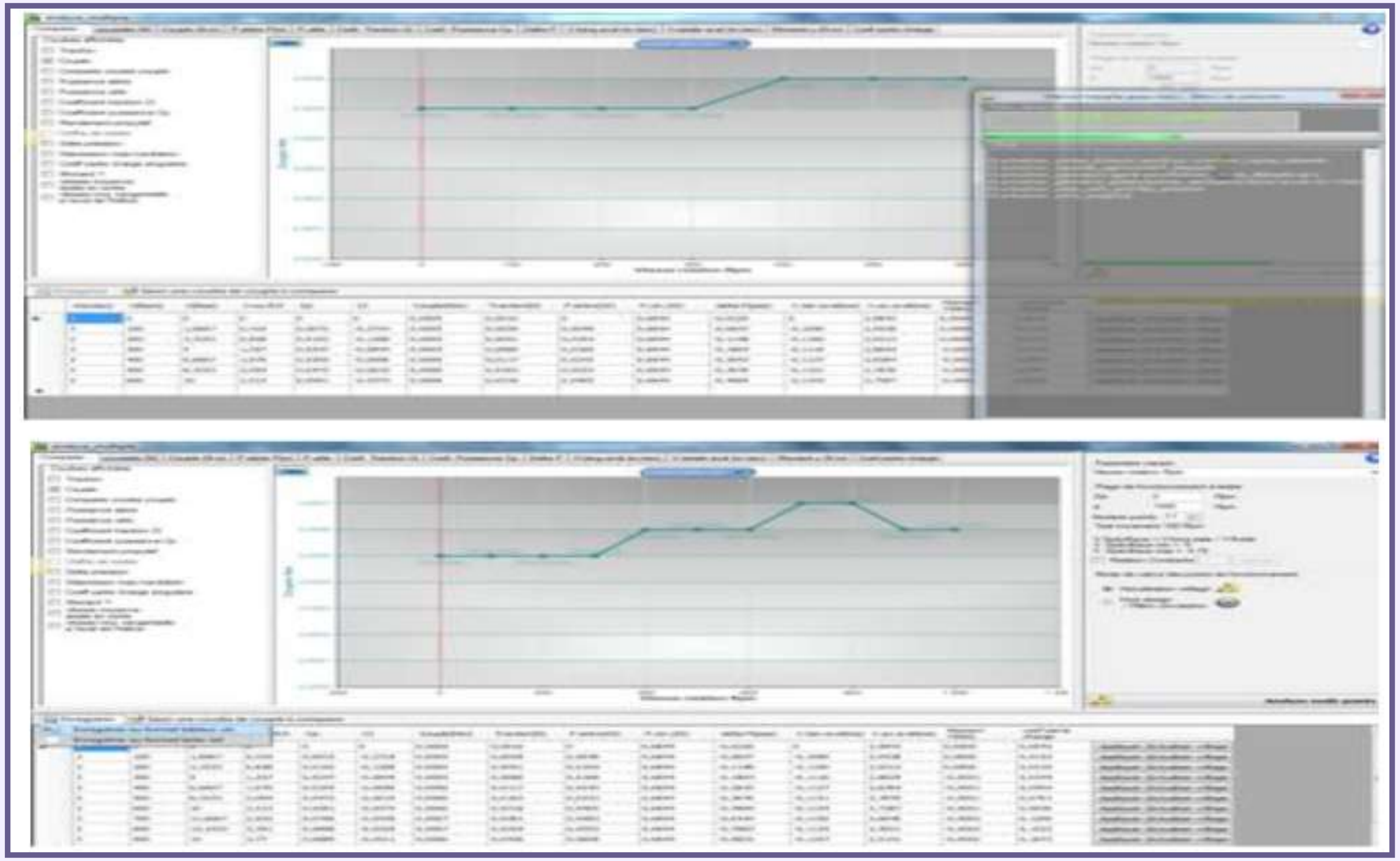




Nombre de pale :

Nous obtenons alors une première courbe que l'on exporte au format .xls (EXCEL) dans notre dossier d'études.

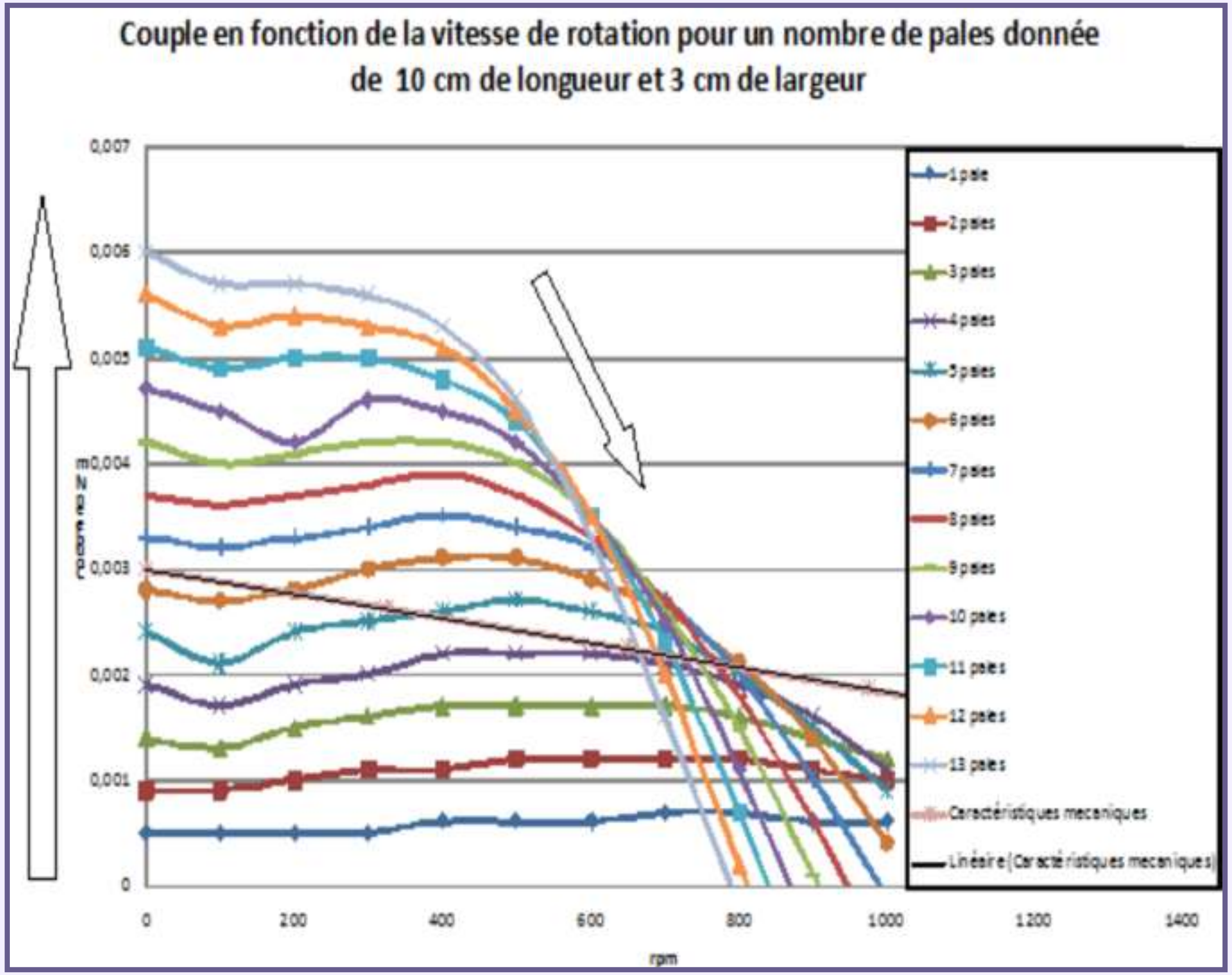
L'analyse multiple de notre éolienne pour 1 pale est alors effectuée, il reste à itérer le nombre de pale et de comparer les résultats obtenus.



Nombre de pale :

+ On continue l'itération jusqu'au nombre de pale maximum désiré.

===> Le nombre de pale à prendre en compte doit être supérieur à 5 pour pouvoir dépasser le couple résistant de notre alternateur (droite en rouge sur le graphique)



Largeur de pale :

Données :

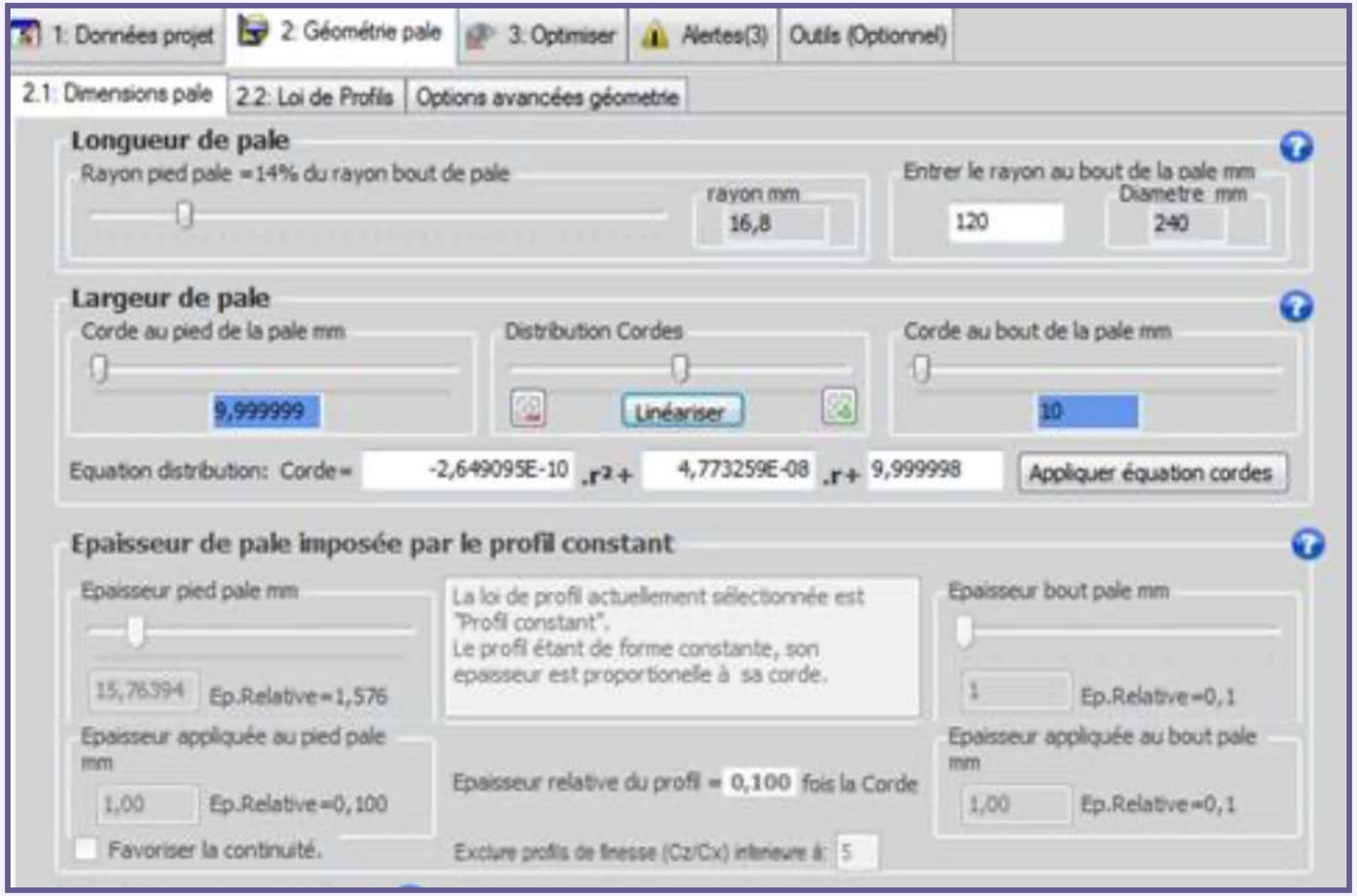
Vitesse du vent : 3m/s (10.8 km/h)

Rayon de la pale : 16.8 mm

Rayon bout de pale : 120 mm

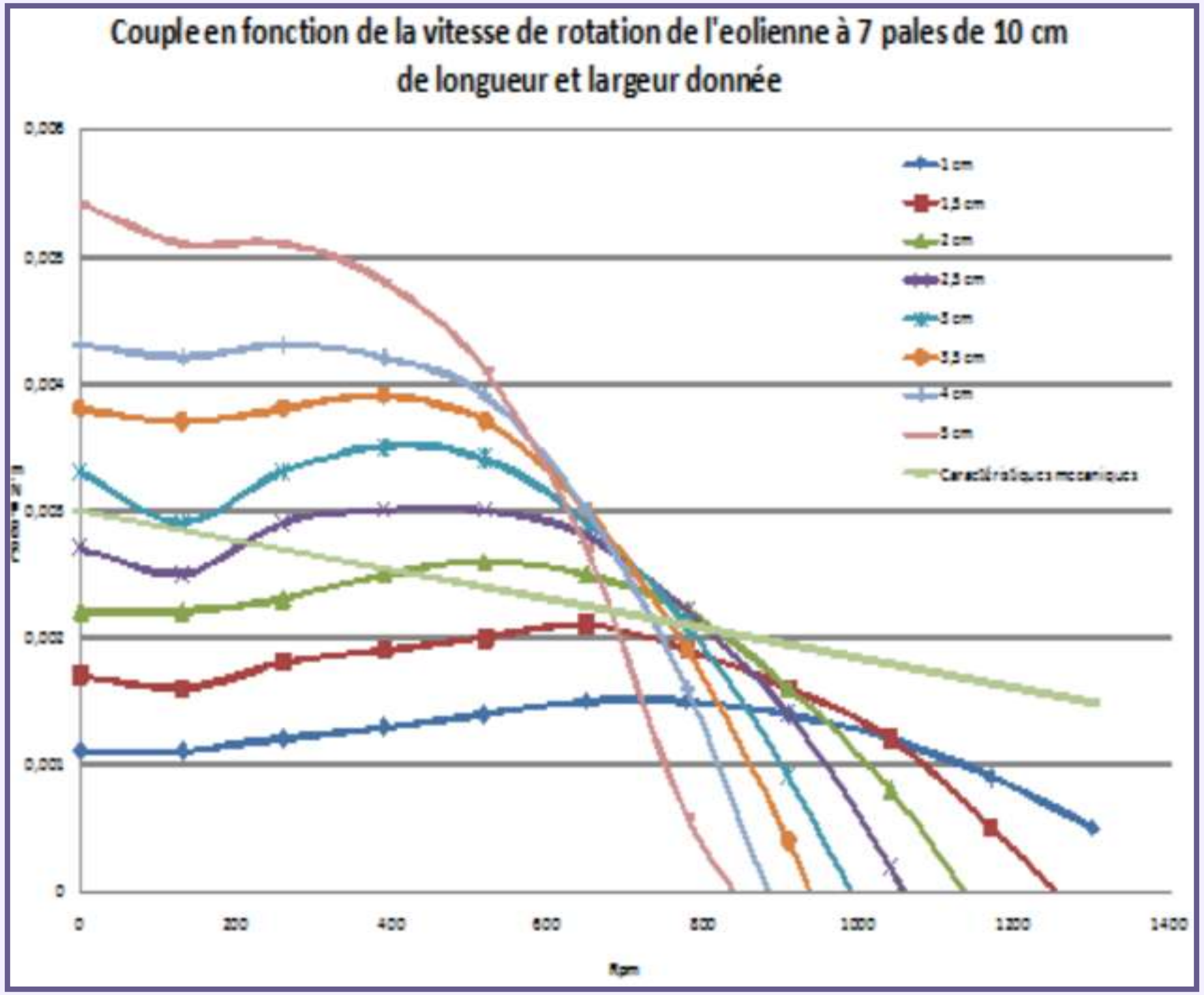
Largeur de la pale : notre variable

Nombre de pales : 7



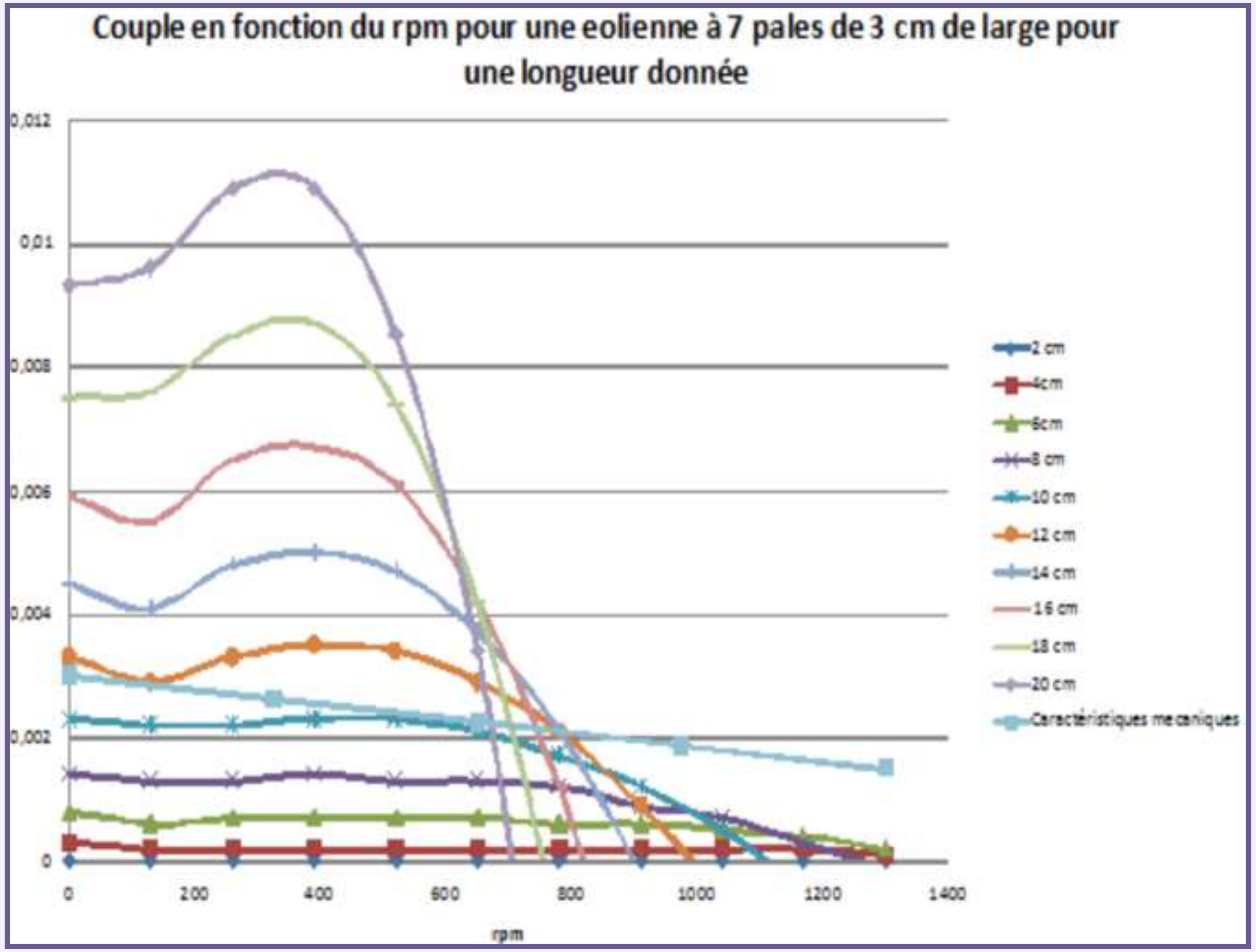
Largeur de pale :

Le résultat obtenu permet une fois encore de vérifier qu'en augmentant la largeur des pales, le couple de l'éolienne est plus grand au départ, mais chute après une certaine vitesse de rotation.



Longueur de pale :

Le résultat obtenu permet une fois encore de vérifier qu'en augmentant la longueur des pales, le couple de l'éolienne est plus grand au départ, mais chute rapidement après une certaine vitesse de rotation.



Conclusion

La conversion d'énergie éolienne passe par plusieurs étapes dont le rendement de cette production peut augmenter ou diminuer selon les facteurs présentes à cette opération qu'on a cité .
Un fonctionnement optimal de l'énergie éolienne permet de contribuer à résoudre le problème de l'électrification des sites isolés où un grand nombre d'individus est dépourvu de tout apport énergétique, ne pouvant ainsi satisfaire aucun besoin même minime et améliorer ses conditions de vie.

Annexe 1 :

$\dot{m}$: débit massique du volume d'air traversant la surface S en 1 seconde (kg/s)

ρ_0 : masse volumique de l'air (kg/m^3)

S : surface du dispositif de récupération (m^2)

v : volume d'air occupé (en m^3)

ρ : masse volumique de l'air (air atmosphérique sec, environ : 1,23 kg/m^3 à 15 °C et à pression atmosphérique 1,0132 bar)

$v.S$: débit volumique d'air (m^3/s)

V_f : vitesse du fluide au niveau de la turbine (en m/s)

S' : surface projetée du capteur éolien (en m^2)

Cz: coefficient de portance
Cx: coefficient de traînée

Annexe 2 :

Le théorème de Bernoulli deux fois, d'une part entre l'amont et le point juste avant le capteur, d'autre part le point juste après et l'aval ; on a donc :

$$(1) : \frac{p_0}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_1}{\rho} + \frac{v^2}{2}$$

et

$$(2) : \frac{p_0}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v^2}{2}$$

La soustraction (1) - (2) donne

$$(3) : p_1 - p_2 = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2)$$

La force exercée par le vent sur le capteur est

$$(4) : F = (p_1 - p_2).\,S = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2).\,S = \rho.\,S.\,\frac{(v_1 + v_2)}{2}(v_1 - v_2)$$

Mais cette force peut aussi s'exprimer par application de la loi de Newton :

$$(5) : \begin{aligned} F &= m \cdot a \\ &= m \cdot \tfrac{dv}{dt} \\ &= D_m \cdot \Delta v \\ &= \rho \cdot S \cdot v \cdot (v_1 - v_2) \end{aligned}$$

L'égalité des deux expressions (4) et (5) impose que $v = \dfrac{(v_1 + v_2)}{2}$ et la puissance développée par cette force sur les pales est

$$(6) : P = F.\,v = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2).\,S.\,v\,;$$

Annexe 3 :

```python
import numpy as np


import matplotlib.pyplot as plt

def g(x):
    return (x+1)*(1-x**2)/2

X=np.linspace(0,1,100)
Y=g(X)

plt.title('Représentation de coefficient de puissance')
plt.plot(X,Y,'r--',label="Cp")
plt.legend()
plt.grid()
plt.show()
```

1

```python
from matplotlib.pyplot import *
import numpy as np
def CD(i):
    return 2*k*np.sin(i)*np.sin(i)/rho

def CL(i):
    return 2*k*np.sin(i)*np.cos(i)/rho

rho=1.225
k=0.4

temps=np.linspace(0,1,100)

Y1=[CD(i) for i in temps]

Y2=[CL(i) for i in temps]

plot(temps,Y1,label='coefficient de traînée')
plot(temps,Y2,label='coefficient de portance')

legend()
grid()
show()
```

2

Annexe 4 :

```python
from matplotlib.pyplot import *
import numpy as np



def Cp(lambdaa,beta):
    return (0.35-0.00167)*(beta-2)*np.sin(np.pi*(lambdaa+0.1)/(14.34-0.3*(beta-2)))-0.00184*(lambdaa-3)*(beta-2)

lambdaa = np.linspace(0,5,50)

beta=[0,5,10,15,20]
for t in beta:
    Y = Cp(lambdaa,t)
    plot(lambdaa,Y,label='beta='+str(t))
xlabel("lambda")
ylabel("Cp")
legend()
grid()
show()
```