

## Conception d'un aérogénérateur à double hélice résolvant le problème d'intermittence du vent

NGAKANGA MUKUMU DONATIEN and CIMBELA KABONGO JOSEPH

Université Pédagogique Nationale de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** We designed a system consisting of two propellers. The first propeller works with the natural wind speed, the second propeller depends on the compressor compressed air that will be started when there is excessive decrease in the natural wind speed. When the wind resumes its normal speed, an optical encoder will give instructions to the microprocessor to stop the motor-compressor.

**KEYWORDS:** Intermittent, aerogenerator, motorcycle compressor, optical encoder.

**RESUME:** Nous avons conçu un système composé de deux hélices. La première hélice fonctionne avec la vitesse du vent naturel, la deuxième hélice dépend de l'air comprimé du compresseur qui sera démarré quand il y aura diminution excessive de la vitesse du vent naturel. Quand le vent reprendra sa vitesse normale, un codeur optique donnera des instructions au microprocesseur pour arrêter le moto-compresseur.

**MOTS-CLEFS:** Intermittence, aérogénérateur, moto compresseur, codeur optique.

### 1 INTRODUCTION

Le rendement énergétique des éoliennes est fonction de la vitesse du vent, plus précisément de l'intensité de cette vitesse. Jadis les éoliennes commercialisées avaient besoin d'un vent dans la gamme de 11 à 90 Km/h (3 à 25 m/s). Les éoliennes, dont les premiers prototypes étaient mis en service au courant de 2006, acceptaient des vents de moins de 4 à plus de 200 Km/h (1 à 60 m/s).

Un multiplicateur de vitesse peut nous aider à augmenter la vitesse de l'hélice pour la production d'une tension acceptable. Tenant compte de ce qui vient d'être dit et des tableaux de vent, nous disons qu'il serait possible de produire l'éolienne en RDC.

Les partisans des énergies renouvelables voient dans le mix-énergétique combinant éolien, solaire et géothermie. Les pays les plus dépendants de l'énergie éolienne (Allemagne, Danemark, etc.) pallient l'intermittence du vent avec l'énergie thermique et avec l'importation d'électricité produite par d'autres pays notamment l'électronucléaire français.

### 2 METHODE ET MATERIEL

En RDC, il n'existe pas des aérogénérateurs connus jusqu'aujourd'hui. Dernièrement (2003-2004), une étude a été menée conjointement par la CNE (Commission nationale d'énergie) et une entreprise italienne pour une construction d'une centrale éolienne à INONGO (sur les bords du lac Maï-ndombe dans le BANDUNDU) et les conclusions avaient été concluent. Mais faute de financement, le projet tarde à se réaliser.

D'autre part la vitesse moyenne du vent calculée à 2m du sol (sur 24heures en m/s) de quelques localités de la RDC prouve que la production éolienne est possible et surtout si on monte à des dizaines de mètres au-dessus du sol.

On devra s'appuyer pour cela sur la nouvelle technologie dans le domaine des Aérogénérateurs.

**Tableau 1. Quelques valeurs de la vitesse moyenne du vent en m/s à 2 mètres du sol (Calculée sur 24 heures) dans quelques localités de la RDC**

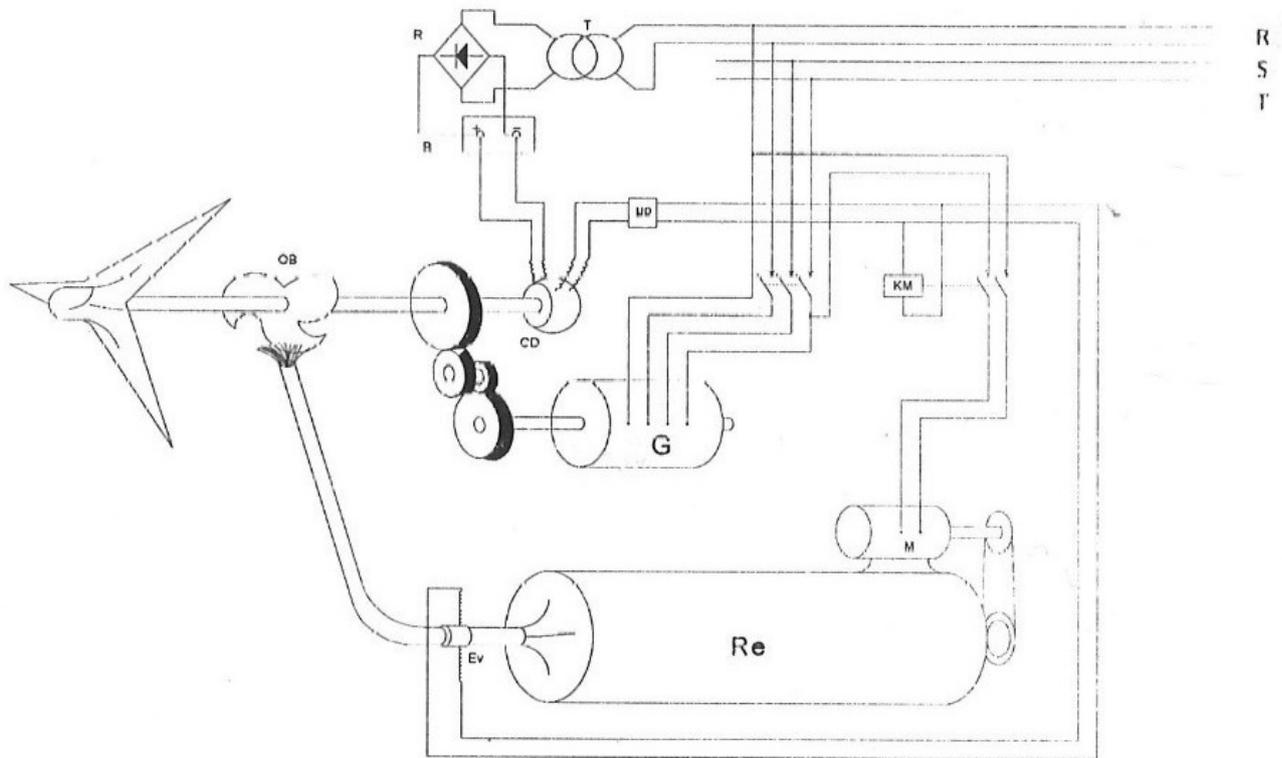
N°	Localité	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Ju	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
1	Banana	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.3	1.6	1.5	1.3	1.3
2	Matadi	1.3	1.3	1.5	1.3	1.4	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0	1.6	1.5	1.5
3	Gimbi	1.5	1.4	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	1.6	1.9	1.7
4	Mvuazi	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.6	1.7	1.6	1.3	1.3	1.3
5	Luki	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.8
6	Kondo	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7
7	Eala	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6

**3 MATERIELS**

Les matériels utilisés pour la réalisation de l'aérogénérateur sont les machines-outils telles que la tour, la fraiseuse, la scie mécanique, la raboteuse. Nous avons aussi utilisés les appareils de la métrologie dimensionnelle (le pied à coulisse, le micromètre et le comparateur).

**4 SCHEMA FONCTIONEUR DE L'AEROGENERATEUR**

**SCHÉMA FONCTIONNEL DE L'ÉOLIENNE**



**Fig. 1. Eolienne à double hélice**

## Legende

R : Régulateur  
T : Transformateur abaisseur  
B: Batterie d'accumulateurs  
CD: Codeur optique  
 $\mu p$ : Microprocesseur  
G : Générateur  
KM : contacteur à courant continu  
M : Micromoteur pour l'entraînement du compresseur  
Re : réservoir  
EV : électrovanne  
OB: hélice (aubes) qui reçoit la pression venant du réservoir

## CINÉMATIQUE DE LA MACHINE

Notre système est composé de deux hélices à trois pales solidaires à l'arbre. La première hélice fonctionne avec le vent, la seconde hélice fonctionne avec de l'air comprimé du compresseur. Nous avons ensuite un bloc d'engrenages servant de multiplicateur de vitesse et entraînant l'alternateur pour la production d'énergie électrique alternative.

Alimentant le réseau. Un codeur optique (CD) solidaire à l'arbre va percevoir la diminution excessive du vent et informera le micro-processeur ( $\mu p$ ) qui à son tour va exciter le contacteur KM et fermer le contact pour alimenter le moto compresseur de réservoir (Re).

Le microprocesseur commande aussi l'électrovanne (EV) qui s'ouvre et dirige l'air comprimé vers les aubes (OB) qui assure la rotation de l'arbre pour la permanence de l'énergie électrique vers le réseau. Dès que le vent reprend sa vitesse normale, le codeur optique donnera des instructions au microprocesseur pour désexciter le contacteur ainsi son contact va s'ouvrir. Le moto-compresseur va s'arrêter n'étant plus alimenté et l'électrovanne se fermera sur instruction du microprocesseur. Nous avons un transformateur abaisseur de tension (sous-voleur) qui alimente le régulateur (R) qui génère la tension continue chargeant la batterie d'accumulateur (B) pour l'alimentation continue du codeur optique.

## SIMULATION NUMERIQUE

### CHOIX DE L'HELICE EOLIENNE

- Vitesse de rotation de l'hélice,  $N = 50$  tr/min (vitesse à l'entrée du multiplicateur)
- Vitesse du vent à l'échelle :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{100.60} \quad [\text{m/s}]$$

d : diamètre de l'hélice [mm]

N : Vitesse de rotation de l'hélice

- Diamètre de l'hélice

$$d = \frac{v \cdot 1000.60}{\pi \cdot 50} \quad N=50\text{tr/min}$$

$$d = \frac{v \cdot 1000.60}{3,14.50}$$

$$d = 382,1656 \cdot v$$

Pour la vitesse de rotation à l'entrée du multiplicateur de 50tr/min

Tableau 2. Vitesse de rotation à l'entrée du multiplicateur

v(vitesse du vent)		d
5Km/h	1,388m/s	530mm
10Km/h	2,776m/s	1060mm
15Km/h	4,164m/s	1590mm
20Km/h	5,552m/s	2120mm
25Km/h	6,94m/s	2.650mm
30Km/h	8,328m/s	3.180mm
35Km/h	9,716m/s	3.710mm

Source : chantier naval SCTP (ex ONATRA )

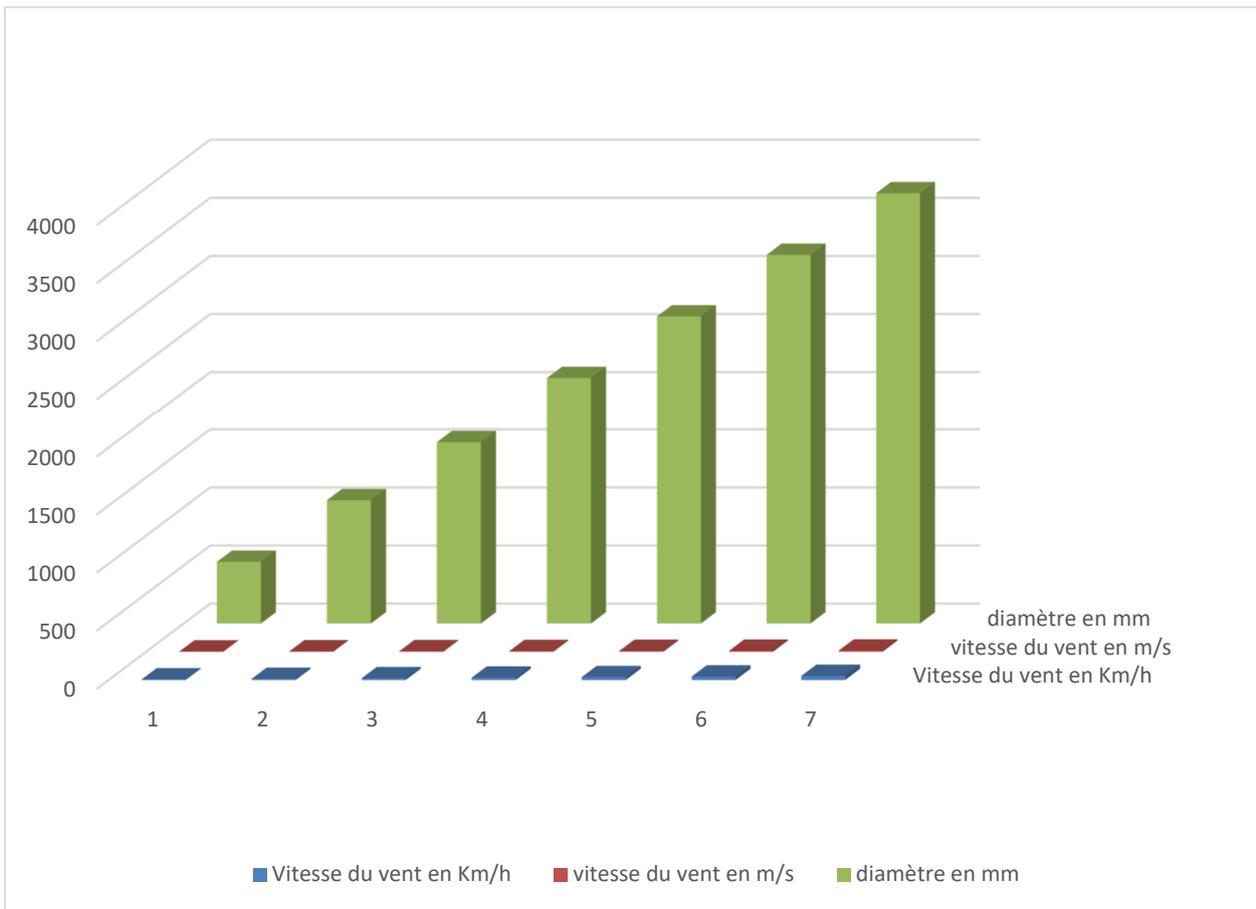


Fig. 2. Histogramme de vitesse et diamètre du vent

**MULTIPLICATEUR DES VITESSES A DENTURE DROITE A 4 AXES**

Vitesse d'entrée  $N_1 = 50\text{tr/min}$

Vitesse de sortie  $N_6 = 1500\text{tr/min}$

Rapport global de transmission (raison)

$$i = \frac{N_1}{N_6} = \frac{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_6}{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5} = \frac{50}{1500} = \frac{1}{30}$$

Calcul des nombres de dents et vitesses de rotation

• **Axe 1 et 2**

$$\frac{N1}{N2} = \frac{Z2}{Z1} \quad N1 = 50 \text{tr/min}$$

Posons : Z1 = 100 dents

Z2 = 50 dents

$$N2 = N1 \left( \frac{Z1}{Z2} \right) = 50 \left( \frac{100}{50} \right)$$

N2 = 100tr/min

• **Axe 2 et 3**

N2 = N3 (Z2 et Z3 sont sur l'axe 2)

$$\frac{N3}{N4} = \frac{Z4}{Z3}$$

N2 = 100tr/min

Z3 = 120 dents (posée)

Z4 = 50 dents (posée)

$$N4 = \frac{N3 \cdot Z3}{Z4} = 100 \left( \frac{120}{50} \right)$$

N4 = 240tr/min

• **Axes 3 et 4**

N4 = N5 => Z4 et Z5 sont sur l'axe 3

N6 = 1500 tr/min

N5 = 240 tr/min

Donc :

$$\frac{Z6}{Z5} = \frac{240}{1500} \Rightarrow Z6 = 0,16 \cdot Z5$$

Posons Z5 = 150 dents

Z6 = 0,16x150

Z6 = 24 dents

Synthèse de résultats

Z1 = 100 dents	N1 = 50 tr/min
Z2 = 50 dents	N2 = 100 tr/min
Z3 = 120 dents	N3 = 100 tr/min
Z4 = 50 dents	N4 = 240 tr/min
Z5 = 150 dents	N5 = 240 tr/min
Z6 = 24 dents	N6 = 1500 tr/min

Vérification du rapport global de transmission (raison)

$$\frac{N1}{N6} = \frac{Z2.Z4.Z6}{Z1.Z3.Z5}$$

$$\frac{50}{1500} = \frac{50.50.24}{100.120.150}$$

$$\frac{1}{30} = \frac{1}{30}$$

**CALCUL DES DIMENSIONS DES ROUES**

**MODELE ADOPTE : 3**

**Roue n°01**

$N1 = 50 \text{ tr/min}$

$Z1 = 100 \text{ dents}$

$\text{Pas} = m \cdot \pi = 3,314$

$P_1 = 9,42 \text{ mm}$

$d_{p1} = z1 \cdot m = 100 \cdot 3$  (diamètre primitif)

$d_{p1} = 300 \text{ mm}$

$d_{e1} = (z1+2) \cdot m = (100+2) \cdot 3$  (diamètre extérieur)

$d_{e1} = 360 \text{ mm}$

$d_{i1} = (z1-2,5) \cdot m = (100-2,5) \cdot 3$  (diamètre intérieur)

$d_{i1} = 292,5 \text{ mm}$

**Roue n° 02**

$N2 = 100 \text{ tr/min}$

$Z2 = 50 \text{ dents}$

$P2 = P1 = 9,42 \text{ mm}$

$D_{p2} = Z2 \cdot m = 50 \cdot 3$

$D_{p2} = 150 \text{ mm}$

$D_{e2} = (Z2+2) \cdot m = (50+2) \cdot 3$

$D_{e2} = 156 \text{ mm}$

$D_{i2} = (Z2-2,5) \cdot m = (50-2,5) \cdot 3$

$D_{i2} = 142,5 \text{ mm}$

**Roue n°03**

$N3 = 100 \text{ tr/min}$

$Z3 = 120 \text{ dents}$

$P3 = m \cdot \pi = 3,314$

$P3 = 9,42 \text{ mm}$

$D_{p3} = Z3 \cdot m = 120 \cdot 3$

$$Dp3 = 360\text{mm}$$

$$De3 = (Z3+2)m = (120+2)3$$

$$De3 = 366\text{ mm}$$

$$Di3 = (Z3-2,5)m = (120-2,5)3$$

$$Di3 = 352,5\text{ mm}$$

#### Roue n°04

$$N4 = 240\text{ tr/min}$$

$$Z4 = 50\text{dents}$$

$$P4 = m.\pi = 3 \times 3,14$$

$$P4 = 9,42\text{ mm}$$

$$Dp4 = Z4.m = 50 \times 3$$

$$Dp4 = 150\text{mm}$$

$$De4 = (Z4+2)m = (50+2)3$$

$$De4 = 156\text{mm}$$

$$Di4 = (Z4-2,5)m = (50-2,5)3$$

$$Di4 = 142,5\text{mm}$$

#### Roue n° 05

$$N5 = 240\text{tr/min}$$

$$Z5 = 150\text{dents}$$

$$P5 = m.\pi = 3 \times 3.14$$

$$P5 = 9,42\text{ mm}$$

$$Dp5 = Z5.m = 150.3$$

$$Dp5 = 450\text{ mm}$$

$$De5 = (Z5+2)m = (150+2)3$$

$$De5 = 456\text{mm}$$

$$Di5 = (Z5-2,5)m = (150-2,5)3$$

$$Di5 = 442,5\text{ mm}$$

#### Roue n° 06

$$N6 = 1500\text{tr/min}$$

$$Z6 = 24\text{dents}$$

$$P6 = m.\pi = 3 \times 3.14$$

$$P6 = 9,42\text{ mm}$$

$$Dp6 = Z6.m = 24.3$$

$$Dp6 = 72\text{ mm}$$

$$De6 = (Z6+2)m = (24+2)3$$

De6 = 78mm

Di6 = (Z6-2,5)m = (24-2,5)3

Di6 = 64,5 mm

5 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Tableau 3. Synthèse des dimensions de roues à denture droite

	Roue1	Roue 2	Roue 3	Roue 4	Roue 5	Roue 6
N (tr/min)	50	100	100	240	240	1500
Z (dent)	100	50	120	50	150	24
P (mm)	9.42	9.42	9.42	9.42	9.42	9.42
Dp (mm)	300	150	360	150	450	72
De (mm)	306	156	366	156	456	78
Di (mm)	292,5	142,5	352,5	142,5	442,5	64,5
M (module)	3	3	3	3	3	3
Longueur de la dent (mm)	45	45	45	45	45	45

Source : Chantier naval SCTP (ex ONATRA)

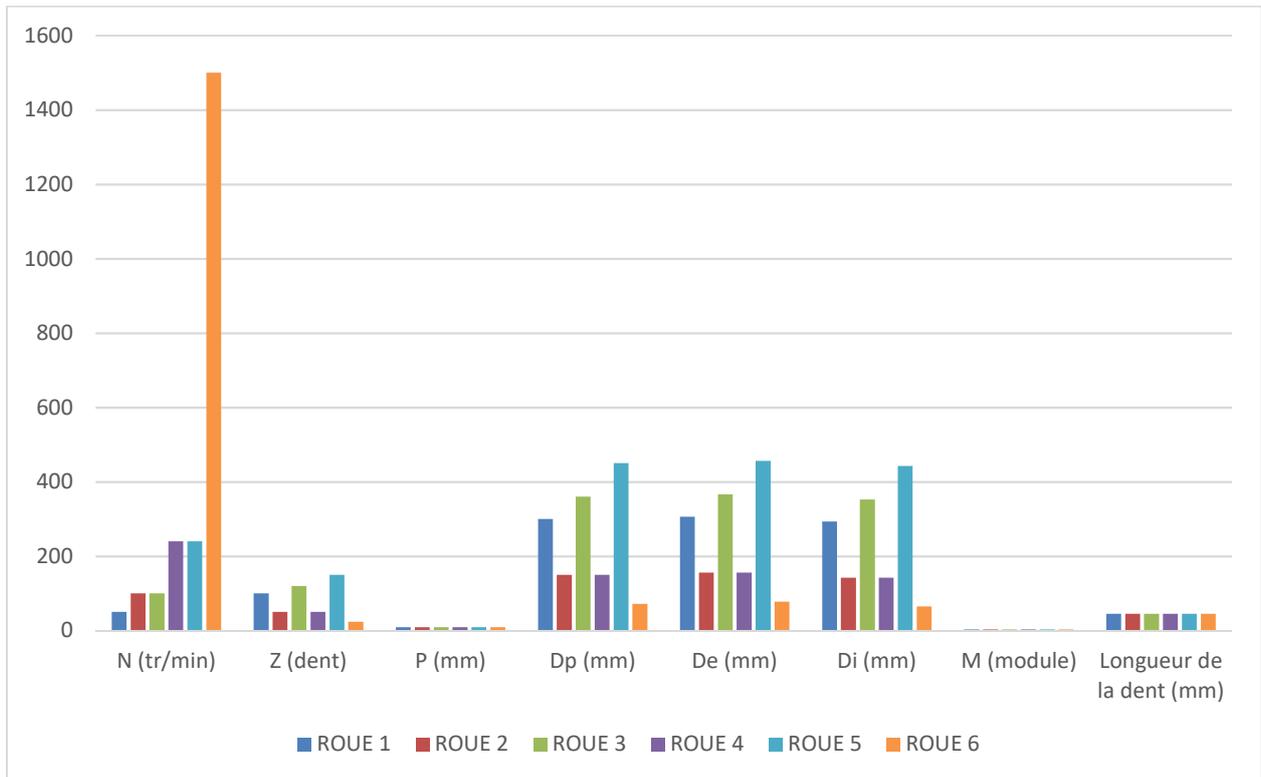


Fig. 3. Histogramme de dimension de roues à denture droite

6 DISCUSSION

Dans notre réalisation, nous avons utilisé les hélices des condenseurs faites en métal.

Pour un fonctionnement efficient, les hélices d'éolienne sont faites en composite.

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux composants non miscibles (mais ayant une forte capacité de pénétration) dont les propriétés se complètent. Le nouveau matériau ainsi constitué, hétérogène, possède des propriétés que les composants seuls ne possèdent pas. Ce phénomène, qui permet d'améliorer la qualité de la matière face à une certaine

utilisation (légèreté, rigidité à un effort, etc.) explique l'utilisation croissante des matériaux composites dans différents secteurs industriels.

### 7 CONCLUSION

Nous avons à cet effet conçu et réaliser une éolienne composée de deux hélices. La première hélice fonctionne avec la vitesse du vent naturel. La deuxième hélice dépend de l'air comprimé du compresseur qui est démarré quand il y a diminution excessive de la vitesse du vent naturel. Quand le vent reprend sa vitesse normal, un codeur optique donne des instructions au micro compresseur pour arrêter le moto-compresseur.

Avec cette invention, des aérogénérateurs peuvent être au-dessus de chaque maison ou immeubles pour la production de l'énergie électrique.

### REMERCIEMENT

Nous avons l'obligation de remercier tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près pour la rédaction de cet article.

### REFERENCES

- [1] Patrice Thebault, Philippe Gagnebet, Eole - architecture du vent - Éditions au Fil du Temps, 2008 - 64p. ISBN13 : 978-2952674577.
- [2] Paul Gipe, Le Grand Livre de l'Éolien - Éditions Eyrolles, Paris, 2007 - 512 p. ISBN 2-913620-39-6.
- [3] PBM011 M.P. de Boer and T.M. Mayer. Tribology of mems. Bulletin, MRS, 2001.
- [4] Philippe Gouverneur, François Jout, Les éoliennes en mer : Questions - réponses - Le Cherche Midi - 120p. ISBN13 : 978-2749124124.
- [5] Philippe Ollivier, Éoliennes : quand le vent nous éclaire - Éditions Privat, Toulouse, 2006 - 110p. ISBN10 : 2-7089-5840-2.
- [6] Philippe Rocher, Collectif, L'énergie du Vent : Les éoliennes au service des hommes et de leur planète - Éditions Le Cherche Midi, 2008 - 159p. ISBN13 : 978-2749111049.
- [7] R. Eckstein and U. Engel. Behaviour of the grain structure in the micro sheet metal forming. In 8th international conference on metal forming, pages 453-459, Krakow, 2000.
- [8] R. Erich. Flip chip csp technology overview. Technical report, workshop.
- [9] R. Feynmann. Infinitesimal machinery. Journal of Micro Electro Mechanical.
- [10] R. Feynmann. There's plenty of room at the bottom. Caltech's Engineering.
- [11] R.A. Miller and Y-C. Tai. Electromagnetic mems scanning mirrors. Optical Engineering, 36(5), may 1997.
- [12] R.W. Hon and C.H. Sequin. A guide to LSI implementation. Xerox Palo Alto Research Center technical memo SSL, 1980.
- [13] Rebeiz and Muldavin. Rf mems switches and switch circuits. In IEEE, 2001.
- [14] Rob Thompson, « Les procédés de fabrication » sur Édition Vial, 26 septembre 2012 (ISBN 978-2-85101-109-1)
- [15] Roméo Bouchard, Jean-Louis Chaumel, Pierre Dubuc, L'éolien. Pour qui souffle le vent ? - Éditions Écosociété, 2007 - 128p. ISBN13 : 978-2923165318
- [16] S. Greenstein. Moore meets malthus in multiples. IEEE Computers, july- august 2003.