



## ETUDE PRATIQUE D'UNE EOLIENNE AIR BREEZE

### 1. PRESENTATION DE L'EOLIENNE

L'éolienne air breeze fabriquée par Southwest Windpower est une éolienne de petite puissance. Ces caractéristiques techniques générales sont les suivantes : Diamètre des pales 117 cm, puissance instantanée pour une vitesse de vent de 12.5m/s (45 km/h) 200watts, tension de sortie 12, 24, 48 volts au choix, régulation de la vitesse et de la charge batterie commandée par microprocesseur.

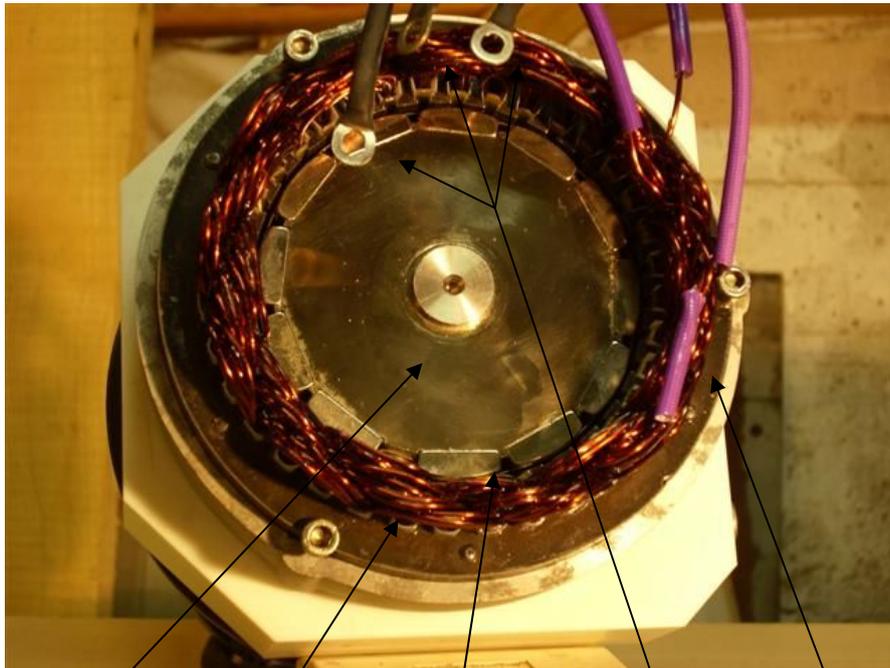
L'orientation face au vent se fait par un gouvernail et il n'y a pas de dispositif mécanique de mise en survie de l'éolienne. Cette mise en survie s'effectue par le contrôle électronique de la vitesse des pales. En cas de vitesse excessive le microprocesseur enclenche des séquences successives de freinage électromagnétique et assure ainsi la survie de l'éolienne jusqu'à 49m/s de vent soit environ 180km/h

### 2. ARCHITECTURE INTERNE

#### 2.1 La partie alternateur

L'alternateur est le dispositif qui est mécaniquement relié aux pales. On distingue une première partie qui tourne entraîné par l'axe des pales. C'est un disque équipé en périphérie d'une série de petits pavés qui sont des aimants très puissants. Cet ensemble s'appelle le rotor car il est en rotation.

La deuxième partie de l'alternateur est constituée des bobinages qui sont réalisés dans les encoches des tôles qui constituent le corps de l'alternateur. Chacune de ces bobines est appelée phase. Comme on peut le voir les bobinages sortent par 3 cosses à œil d'un côté et les 3 autres extrémités sont reliées ensemble puis isolées par un manchon isolant violet qui est le point milieu ou neutre. Les trois bobinages constituent un système dit triphasé. Cette partie est fixe ou statique d'où son nom le stator. Ces deux parties constituent ce que l'on appelle une machine tournante.



Rotor    stator et bobinages    aimant    sorties phases    point milieu (neutre)  
Vue générale de la partie alternateur

### 2.1.1 La production d'énergie

Dans ce genre de machine tournante à aimants permanents la mise en rotation des aimants qui passent devant les pôles magnétiques constitués par les tôles sur lesquelles sont bobinées les phases, génère une variation de flux magnétique dans ces phases produisant ainsi une tension. La variation de flux est due au fait que successivement des pôles sud puis des pôles nord passent devant la bobine et selon la loi de Lenz produisent une tension qui s'exprime selon la formule :

$$U = -L \frac{d\Phi}{dt}$$

U est la tension générée au borne d'une bobine d'inductance L par une variation de flux magnétique  $\Phi$  pendant un temps dt. Le signe moins indique que la tension tend à s'opposer à la variation de flux magnétique.

Pour augmenter la tension U, on voit que l'on peut augmenter L c'est-à-dire le nombre de spire du bobinage, ou augmenter la variation de flux d $\Phi$  en utilisant des aimants plus puissants ou encore en diminuant dt c'est-à-dire en augmentant la vitesse de rotation ce qui se traduit par une réduction du temps de passage des aimants devant la bobine.

Les différentes tensions 12, 24, 48 volts sont obtenues en modifiant le nombre de spires de chaque bobinage. Les aimants sont de haute qualité et utilise des terres rares pour créer un champ magnétique puissant. Ce sont des aimants NeFB (Néodyme Fer Bore)



## 2.2 La partie régulation de la charge batterie

### 2.2.1 Synoptique

Voir en fin de document le synoptique.

L'air breeze a pour particularité d'intégrer l'électronique de contrôle de la charge de batterie.

Cette électronique assure les fonctions suivantes :

- Vérification de la tension minimale de batterie qui est fixée a 10.5 volts pour une version 12 volts.
- Régulation de la charge de la batterie.
- Surveillance d'un seuil haut de charge qui peut être réglé entre 13.6 et 17 volts.
- Surveillance de la vitesse de rotation des pales.
- Mise en survie de l'éolienne en cas de vent trop violent.

### 2.2.2 Le redresseur et le filtrage

L'alternateur, comme on la vu, est de type triphasé, on trouve donc en sortie de ce dernier un dispositif de redressement à diodes.

Ce type de redresseur à diode est appelé un pont de Graetz.

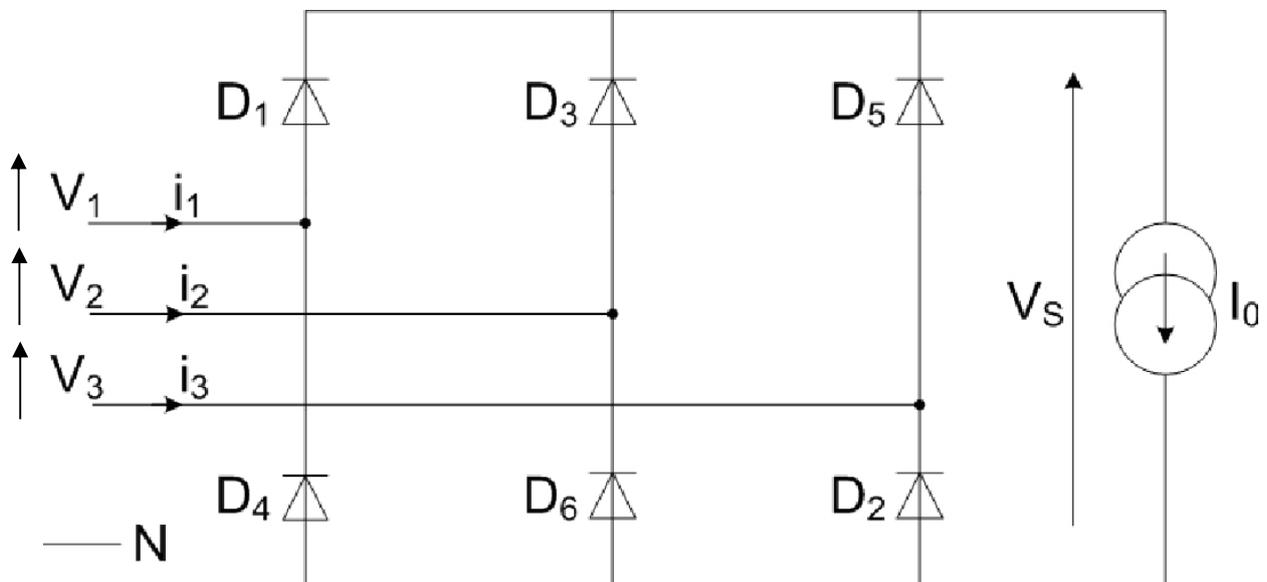


fig 1 : Pont Graetz

Les tensions  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  sont les tensions de phase de l'alternateur.

En fonction de la tension présente sur ces phases parmi les diodes  $D_1$ ,  $D_3$ ,  $D_5$  celle qui a la tension d'anode la plus élevée conduit le courant. Parmi les diodes  $D_4$ ,  $D_6$ ,  $D_2$  celle qui a la tension de cathode la plus négative conduit.



Dans l'air breeze le pont de Graetz est modifié en effet les diodes du bas D4, D6, D2 sont remplacées par des transistors MOS de puissance qui intègre aussi une diode que l'on appelle « body drain diode ».

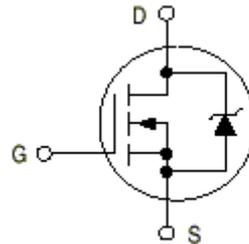


fig 2 : Représentation d'un transistor de puissance Mos canal N

G est la gate ou porte de commande

D est le drain

S est la source

On notera entre drain et source la présence d'une diode la « body drain diode ».

Le courant dans le mos passe du drain vers la source selon que la commande de gate est positive ou nulle par rapport à la source. Par contre le courant dans la diode passe dans le sens source drain. Cette diode est couramment utilisée pour laisser passer les courant de recirculation dans les commandes de moteur de type PWM.

Dans l'électronique de l'air breeze les diodes D1, D3, D5 sont des diodes simples, les diodes D2, D4, D6 sont des mos de puissance. Selon la vitesse de rotation des pales mesurée par le microprocesseur et en fonction d'un algorithme particulier les gates des transistors vont être pilotées par le microprocesseur soit pour réguler la charge de la batterie soit pour réguler par freinage l'éolienne.

Le filtrage est assuré par un condensateur qui est placé en sortie du pont de Graetz et le filtrage est assuré par une self en série sur le retour négatif de la batterie.

### 2.2.3 La régulation de puissance

On vient de voir que le pont de Graetz était constitué en partie par des Mos de puissance dont les gates permettent de contrôler l'état de conduction. Si il n'y pas de commande c'est-à-dire que la gate est au même potentiel que la source le transistor présente une résistance presque infinie et le courant qui le traverse est de quelques centaines de micro Ampères : ce courant est appelé courant de fuite. Par contre si la tension de gate passe à 10 volts par rapport à la source le transistor mos devient conducteur et il présente une résistance série très faible.

Dans le cas qui nous intéresse les transistors utilisés sont des IRF 2804 fabriqués par international rectifier. Les caractéristiques qui nous intéressent sont.

Tension drain source 40 volts (attention la tension de l'alternateur ne doit jamais en tension crête dépasser cette valeur)

Courant de fuite = 250  $\mu$ A pour  $V_{gs} = 0$  volt et  $V_{ds} = 40$  volts

Résistance à l'état passant = 2m $\Omega$  pour  $V_{gs} = 10$  volts.

Courant de drain maximum = 75 A



Pour la body diode le courant permanent est de 280A et en mode pulsé il peut atteindre 1080A.

On peut voir par ces caractéristiques que l'on a à faire à un élément de puissance hautes performances.

Les gates sont donc pilotées par le microprocesseur, on a vu qu'en l'absence de commande la résistance du transistor est pratiquement infinie et le pont de Graetz fonctionne à travers les diodes D1, D3, D5 et les « body diodes ». La tension de l'alternateur est redressée et elle est appliquée à la batterie pour la charger.

Si la tension générée est plus grande que la tension applicable à la batterie le microprocesseur envoie à la gate adéquate une tension de commande qui rend le transistor conducteur et cela au moment opportun de la phase. Tant que cette tension de phase est inférieure à 14.4 volts la phase est appliquée à la ou aux batteries connectées. Dès que cette tension de phase est supérieure à 14.4 volts, le transistor est rendu conducteur. Si les tensions de phase sont telles que dans la figure 1 les diodes D1 et D2 conduisent, c'est-à-dire que la tension de la phase 1 est la plus positive et la tension de la phase 3 est la plus négative et que l'on envoie au transistor couplé en parallèle à D4 une commande de gate que se passe-t-il ?

Les tensions des phases n'ont pas changées, phase 1 la plus positive et phase 3 la plus négative ; Le courant sortant de la phase 1 voit un nouveau chemin possible à travers D4 qui est presque un court circuit et D2 qui lui permet de retourner à la phase 3. L'impédance de ce chemin est bien plus faible que celui qui passe par la batterie et c'est celui qui est emprunté par le courant. Il n'y a plus de courant de charge batterie et l'alternateur voit entre ses phases 1 et 3 une impédance très faible. Le résultat est un freinage électromagnétique de l'arbre de l'éolienne jusqu'à ce que la tension entre phase repasse en dessous du seuil et que le transistor D4 soit coupé. Il résulte de ce mode de commande une limitation de la vitesse de l'éolienne dès que le seuil de charge des batteries est atteint. Lors du freinage l'énergie du vent est transformée en chaleur en partie dans le pont de Graetz et le reste dans les bobinages de l'alternateur. Cette chaleur est évacuée par le corps en aluminium de l'éolienne.

## 2.2.4 Le contrôle commande

Cette fonction est réalisée par le microprocesseur. Ce dernier reçoit les informations suivantes :

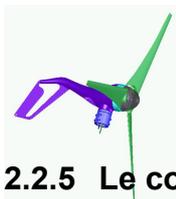
- La tension de batterie
- Un signal rectangulaire qui est l'image de la phase 2
- Un signal provenant du potentiomètre de consigne de charge

Le microprocesseur génère les signaux suivants

- Une commande de led
- 3 commandes de gate individuelles
- Une commande de gate générale

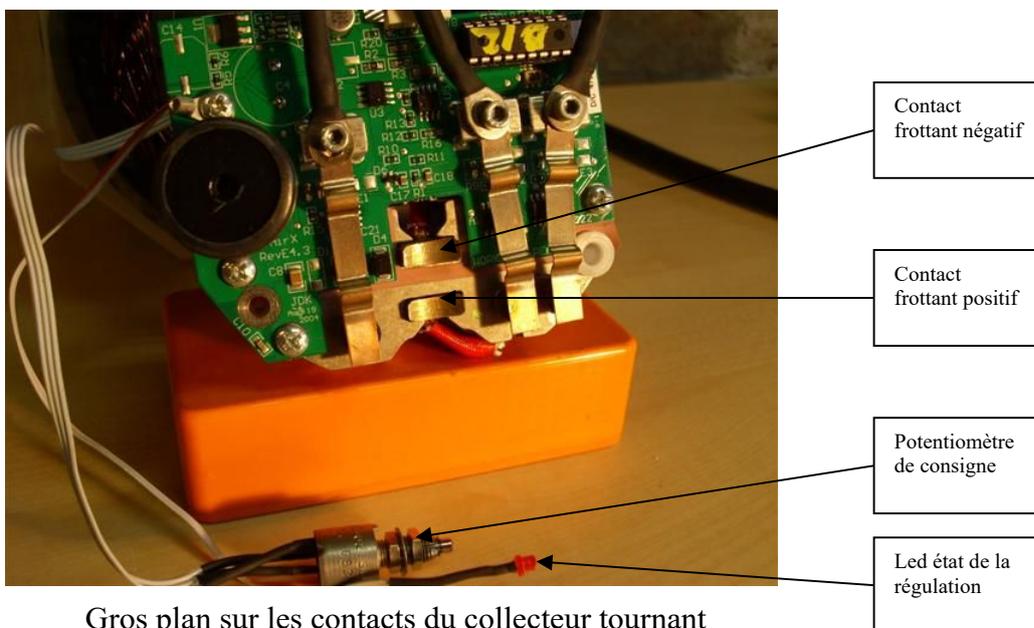
La tension batterie permet de surveiller la charge, le signal rectangulaire de la phase 2 permet au microprocesseur de connaître la vitesse de rotation et en fonction de cela de commander des modes de décrochages (freinage) différents. Si la vitesse de 16m/s est atteinte le freinage est progressif et l'éolienne tourne toujours jusqu'à une vitesse de 14.5m/s. Si la vitesse dépasse 22.5m/s l'éolienne est arrêtée complètement pendant 5minutes.

La commande de la led permet de connaître le mode de fonctionnement. Led toujours allumée charge normale, la led clignote deux fois par seconde lorsque la tension de début de régulation est atteinte, la led clignote dix fois par minute on est en mode décrochage.

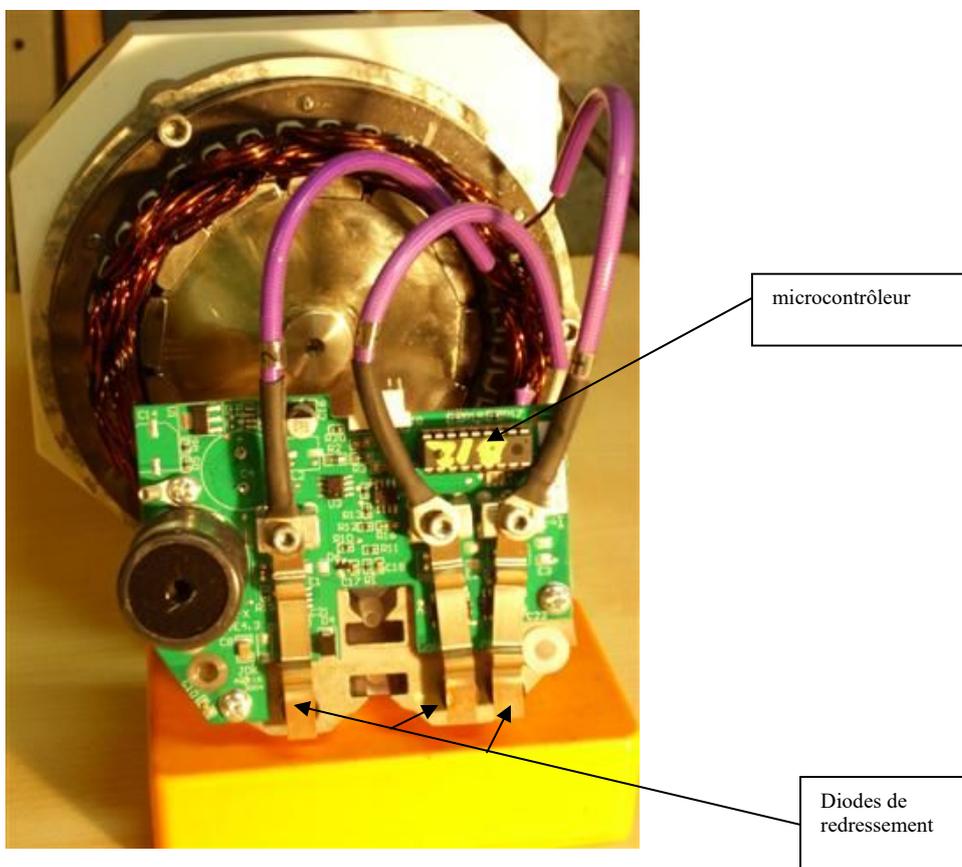


## 2.2.5 Le collecteur tournant

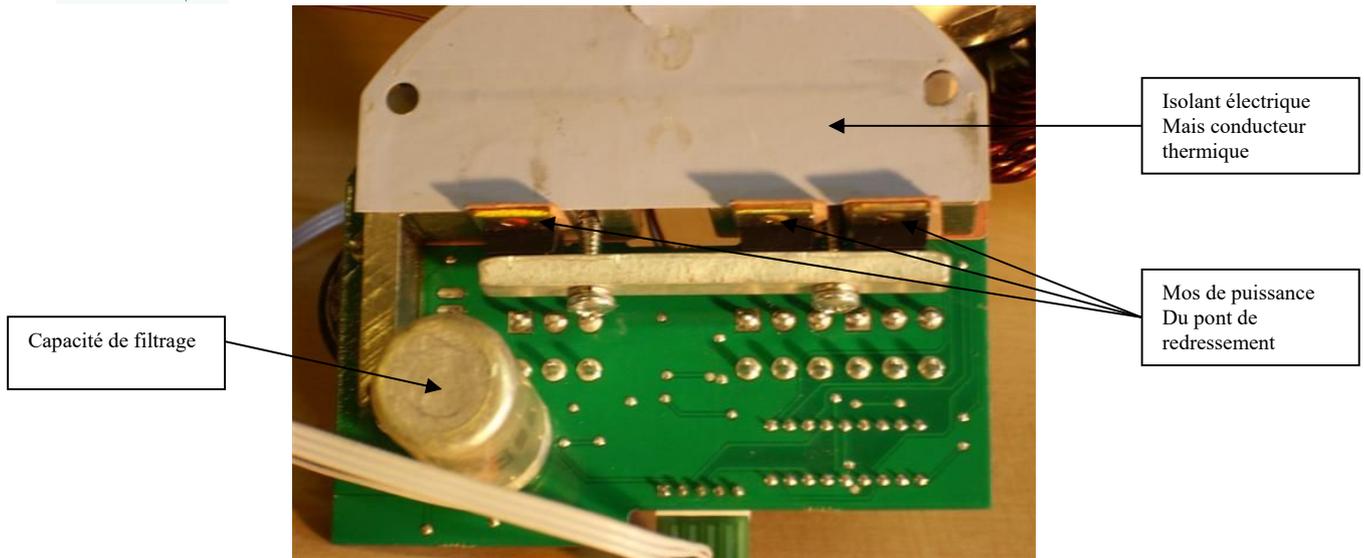
L'éolienne s'oriente par son gouvernail face au vent, ce qui peut conduire cette dernière à tourner sur elle-même en haut du mat. Pour éviter que les fils qui descendent aux batteries ne s'entortillent et se cassent la liaison à ces derniers se fait par un collecteur tournant qui est un dispositif analogue aux balais d'un moteur. Des contacts tournant frottent sur des disques fixes qui conduisent le courant.



Gros plan sur les contacts du collecteur tournant



L'alternateur connecté à carte de contrôle



Vue de la partie cachée de la carte de contrôle

### 3. MANIPULATION L'ALTERNATEUR A VIDE

Dans un premier temps, vous pouvez faire des manipulations simples sur l'éolienne qui vous est livré dans la mallette.

Ces manipulations s'effectuent en binôme, l'un manipule et l'autre mesure.

Première manipulation : Vérifier le fonctionnement global de l'éolienne.

La fonction principale d'une éolienne est de produire de l'électricité à partir de la rotation des pales.

Prenez l'éolienne en main et faites tourner l'axe soit avec les pales montées, soit uniquement avec le moyeu.

Simultanément à cette mise en rotation, mesurez la tension entre les fils rouge et noire. Vous constatez alors la production d'une tension.

Deuxième manipulation : Régulation de la vitesse de rotation des pales.

Lors de la production d'électricité, lorsque la charge maximale de la batterie est atteinte, l'électronique interne va ralentir la vitesse de rotation des pales afin de diminuer la production. Pour ce faire elle met deux phases en court circuit bref.

Pour illustrer cette opération, vous pouvez faire tourner l'axe de l'éolienne et simultanément mettre en contact, à l'aide d'un fil conducteur, deux des phases. Répétez l'opération en changeant la paire de phase en court circuit.





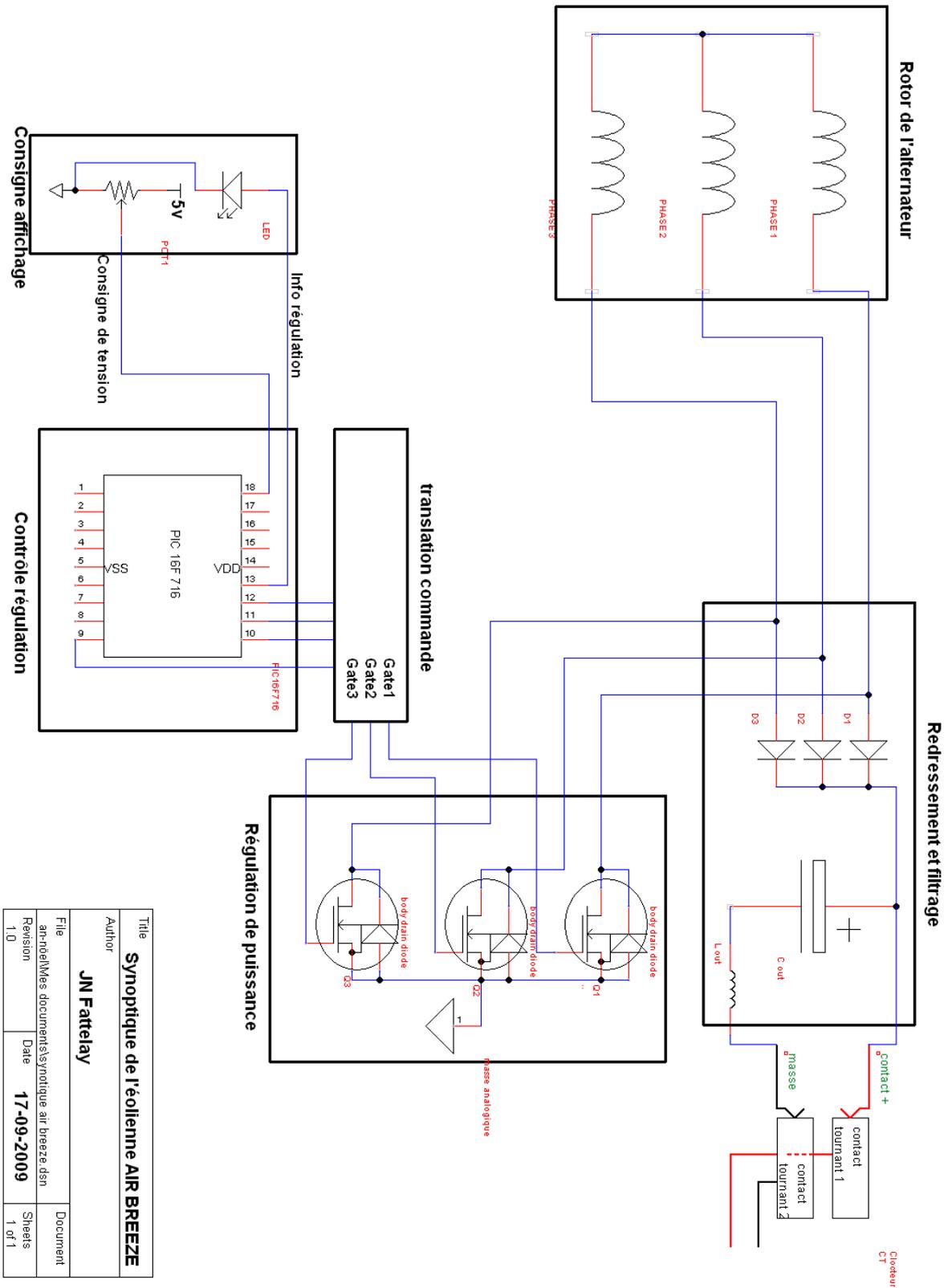
Vous constatez que la rotation devient plus dure lorsque les phases sont en contact. C'est parce que l'électronique ralentit la vitesse de rotation des pales.

Troisième manipulation : Mise en sécurité de l'éolienne.

Lorsque la vitesse du vent devient trop grande, il est nécessaire de freiner très fortement, voire de stopper la rotation des pales pour protéger l'électronique qui serait endommagée par une trop grande production d'électricité (surtension). Pour ce faire, les trois phases sont mises en court-circuit.

Vous allez réaliser cette opération : tout en faisant tourner l'axe de l'éolienne, mettez en contact les fils noir et rouge à la sortie de l'éolienne à l'aide d'un fil conducteur.

Vous constatez que la rotation devient très dure et c'est ainsi que l'électronique de l'éolienne se protège en cas de vent violent.



Synoptique de l'électronique Air Breeze

Title		<b>Synoptique de l'éolienne AIR BREEZE</b>	
Author		<b>JN Fattelay</b>	
File	an-rbl/emes document/synoptique air breeze.dsn		Document
Revision	Date	<b>17-09-2009</b>	Sheets
1.0			1 of 1