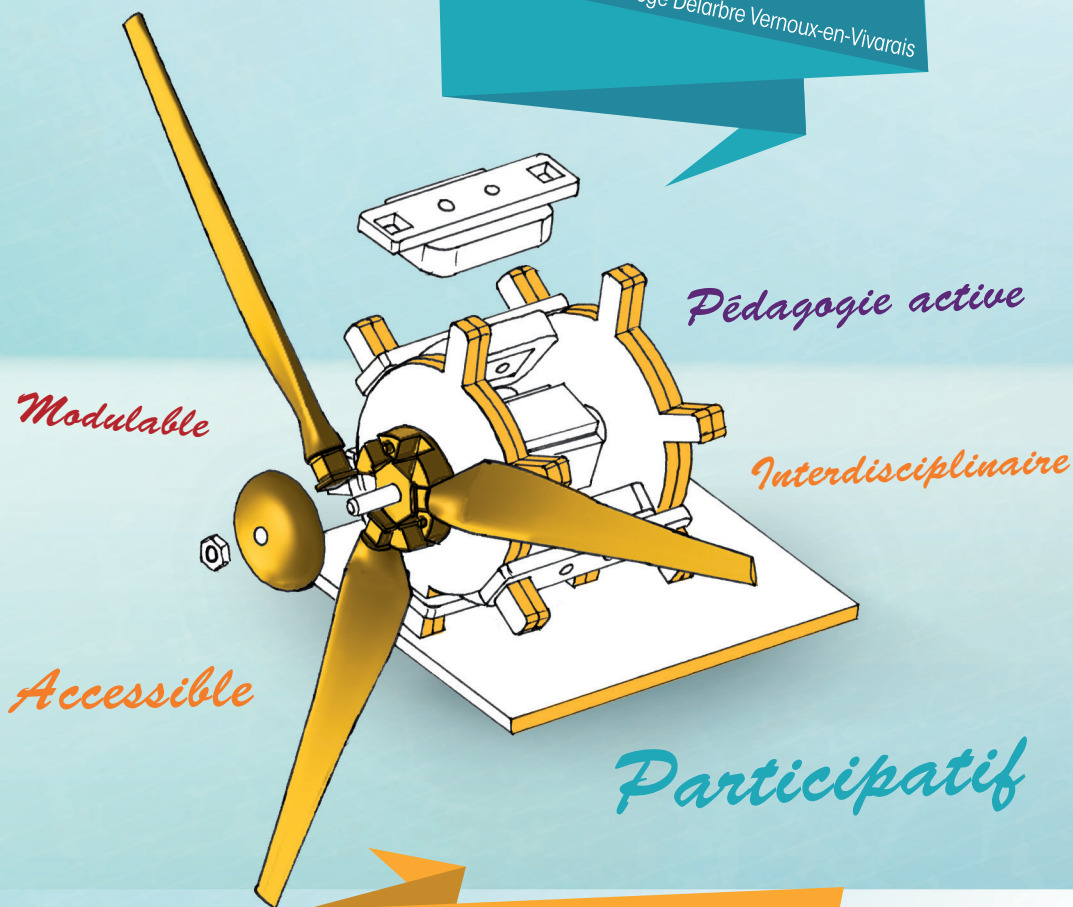


# KIT EOLIENNE EXPERIMENTALE

MANUEL D'UTILISATION

Imaginée par l'équipe EolEcole / Testée et améliorée par les élèves

du collège Delarbre Vernoux-en-Vivrais



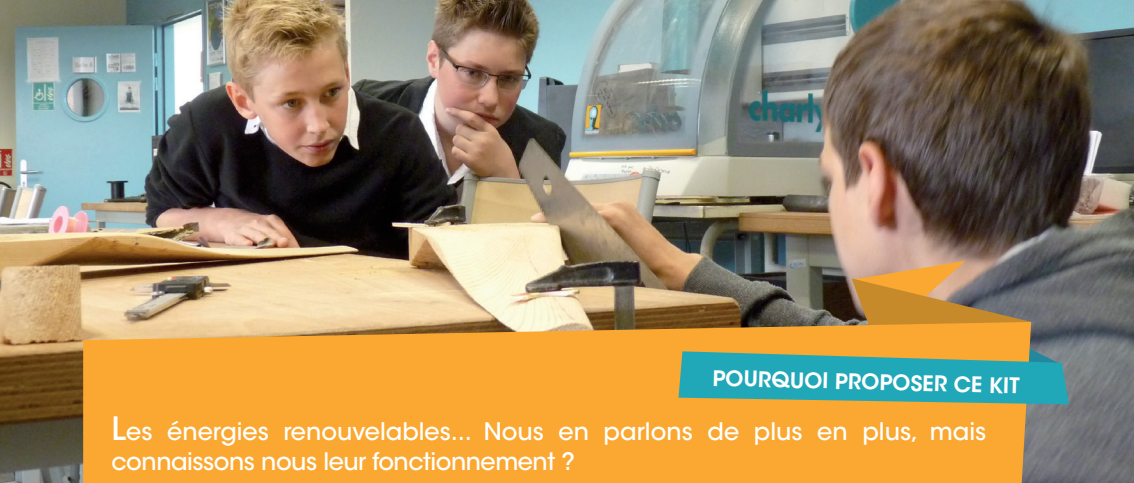
*Modulable*

*Pédagogie active*

*Interdisciplinaire*

*Accessible*

*Participatif*



## POURQUOI PROPOSER CE KIT

Les énergies renouvelables... Nous en parlons de plus en plus, mais connaissons nous leur fonctionnement ?

EolEcole vous propose d'entrer au coeur du sujet à travers la construction d'une petite éolienne. Notre objectif : vous aider à comprendre l'éolien dans toutes ses facettes et proposer une façon ludique et amusante d'aborder le programme scolaire.

### PEDAGOGIE ACTIVE

Pour comprendre le fonctionnement d'une éolienne, quoi de mieux que d'en construire une afin d'en comprendre tous les rouages ?

### MODULABLE

Car c'est toujours de nos propres expériences et découvertes que l'on comprend le mieux, cette éolienne a été conçue afin de pouvoir expérimenter de nombreuses configurations.

### INTERDISCIPLINAIRE

Afin d'aborder ce sujet dans toutes ces facettes, nous élaborons des supports pédagogiques disponibles sur notre site internet : [www.eolecole.fr](http://www.eolecole.fr)

### ACCESSIBLE

Conçue pour être facilement réalisable, avec des pièces standards, des plans en open source, et à un coût abordable.

### PARTICIPATIF

Créé par et pour les écoles, c'est au coeur des classes que nous souhaitons voir ce projet évoluer.

#### TOUT AU LONG DE CE MANUEL



APPORTS THÉORIQUES



ASTUCES



EXPÉRIENCES



ANECDOTES

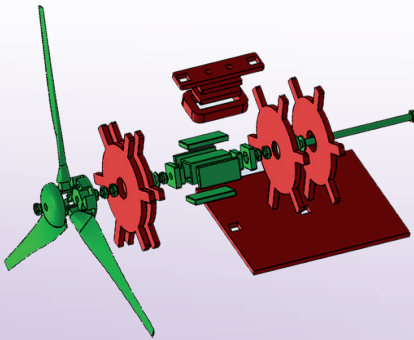
# Zu'est-ce qu'une éolienne ?

## UN ROTOR ET UN STATOR

Une éolienne permet de convertir l'énergie cinétique du vent en électricité.

L'énergie du vent se transforme en rotation grâce aux pales, qui entraînent avec elles **LE ROTOR**.

Le rotor est composé une ou plusieurs paires d'aimants. Le mouvement de ces aimants devant des bobines de cuivre statiques (sur **LE STATOR**) génère de l'électricité dans les fils de cuivre. C'est le principe d'une génératrice.

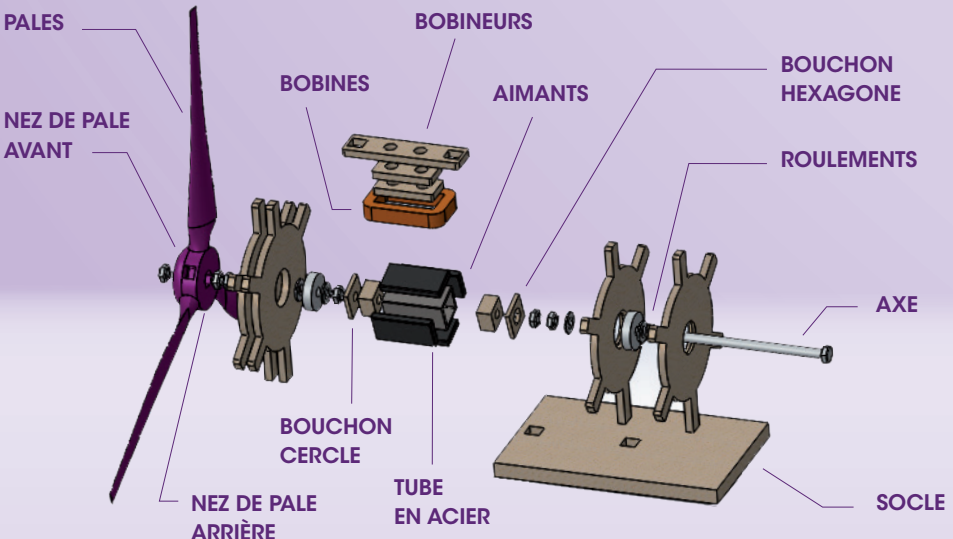


LE ROTOR / LE STATOR

## VUE D'ENSEMBLE

Ce kit est composé d'une hélice (de 1 à 6 pales), de quatre aimants et de six bobines.

Vous pouvez tester des aimants de taille et puissance variées, faire différentes taille de bobines, expérimenter l'influence du nombre de pales.



# Les pièces détachées

Toutes les pièces peuvent être commandées en envoyant un mail à [www.eolecole.fr](http://www.eolecole.fr)

Vous pouvez réaliser vous même :

- Toutes les **les pièces bleues** à la fraiseuse numérique sur du contre plaqué de 5mm d'épaisseur ou en impression 3D
- Les pales en impression 3D

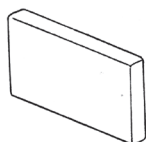
Pour accéder aux fichiers numériques, rendez-vous sur [www.eolecole.fr](http://www.eolecole.fr)

## LE ROTOR (p.8-9)



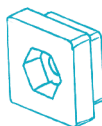
**X4**

RONDELLES  
(M8, Ø ext. 16mm)



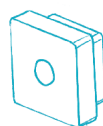
**X4**

AIMANTS  
(20 x 40 mm  
épaisseur 10mm max)



**X1**

BOUCHON  
HEXAGONE



**X1**

BOUCHON CERCLE



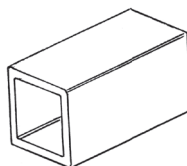
**X2**

ROULEMENTS  
DE ROLLER  
(Ø int. 8mm  
Ø ext. 22mm)



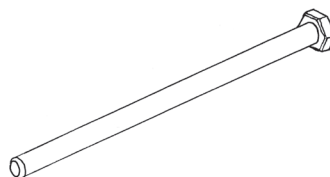
**X10**

ÉCROUS  
(M8)



**X1**

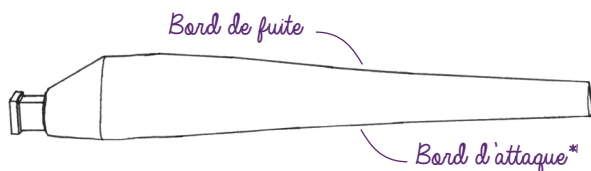
TUBE EN ACIER  
(20x20x40mm)



**X1**

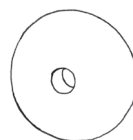
TIGE FILETÉE  
(M8 - 15cm)

## LES PALES



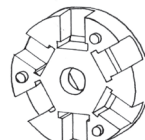
**X6**

PALES



**X1**

NEZ DE PALE  
AVANT



**X1**

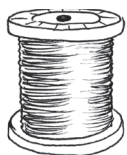
NEZ DE PALE  
ARRIÈRE



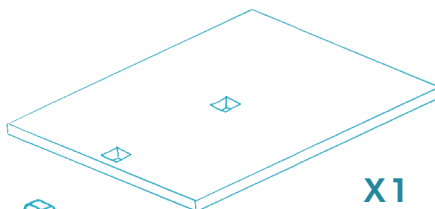
## ASTUCE POUR L'IMPRESSION DES PALES

L'impression des pales se fera avec la pale allongée sur son bord d'attaque\*<sup>1</sup>, afin d'être plus flexible et moins cassante.

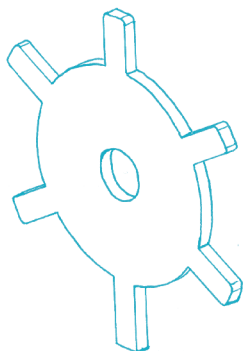
## LE STATOR (p.10-11)



DU CUIVRE  
ÉMAILLÉ

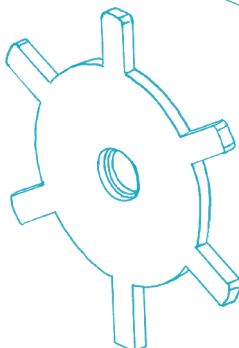


**X1**  
SOCLE



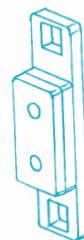
**X2**

SUPPORTS BOBINES NON ALÉSÉS\*<sup>2</sup>



**X2**

SUPPORTS BOBINES ALÉSÉS\*<sup>2</sup>

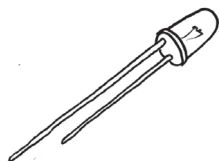


**X6**

BOBINEURS MINIMUM  
(1bobineur par bobine)

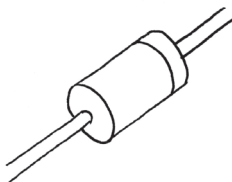
\*<sup>2</sup>L'alésage est un petit renforcement qui permettra d'accueillir le roulement.

## LE REDRESSEUR (p.14)



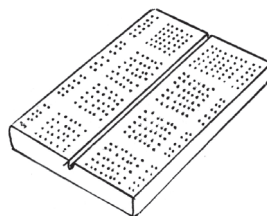
**X1**

DIODE  
ÉLECTROLUMINESCENTE



**X6**

DIODES



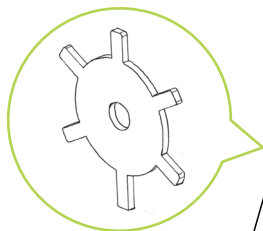
**X1**

PROTOBOARD

# Les plans

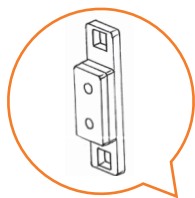
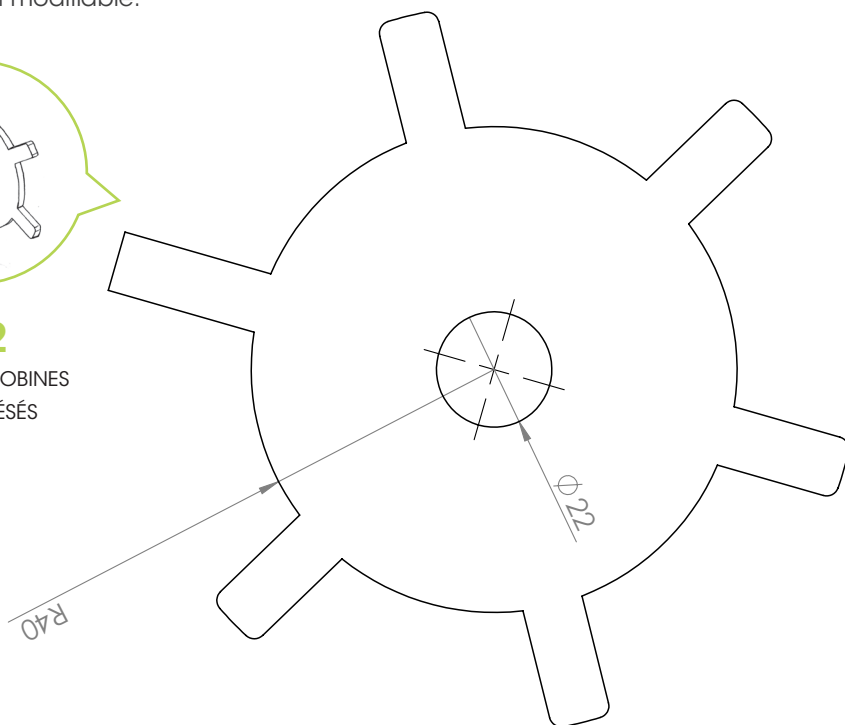
Si vous souhaitez découper vous-même les pièces à la fraiseuse numérique, vous pouvez les dessiner sur un logiciel de CAO avec vos étudiants à partir de ces plans.

Pour les impressions 3D, tous les fichiers numériques sont sur [www.eolecole.fr](http://www.eolecole.fr) en version modifiable.



**X2**

SUPPORTS BOBINES  
NON ALÉSÉS



PIÈCE 1 & 2

**X6**

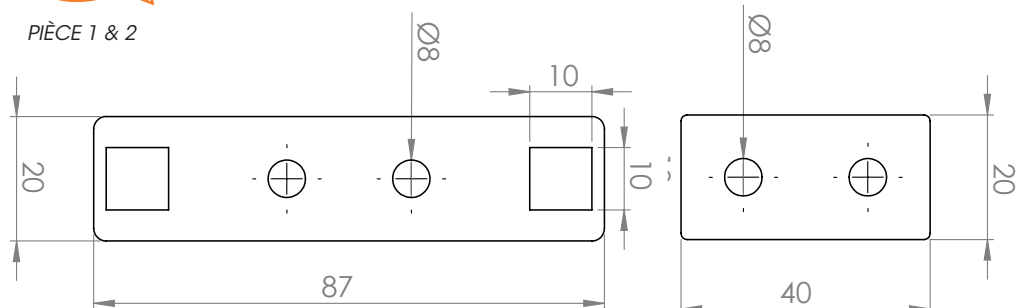
PIÈCE 1

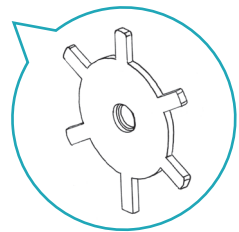
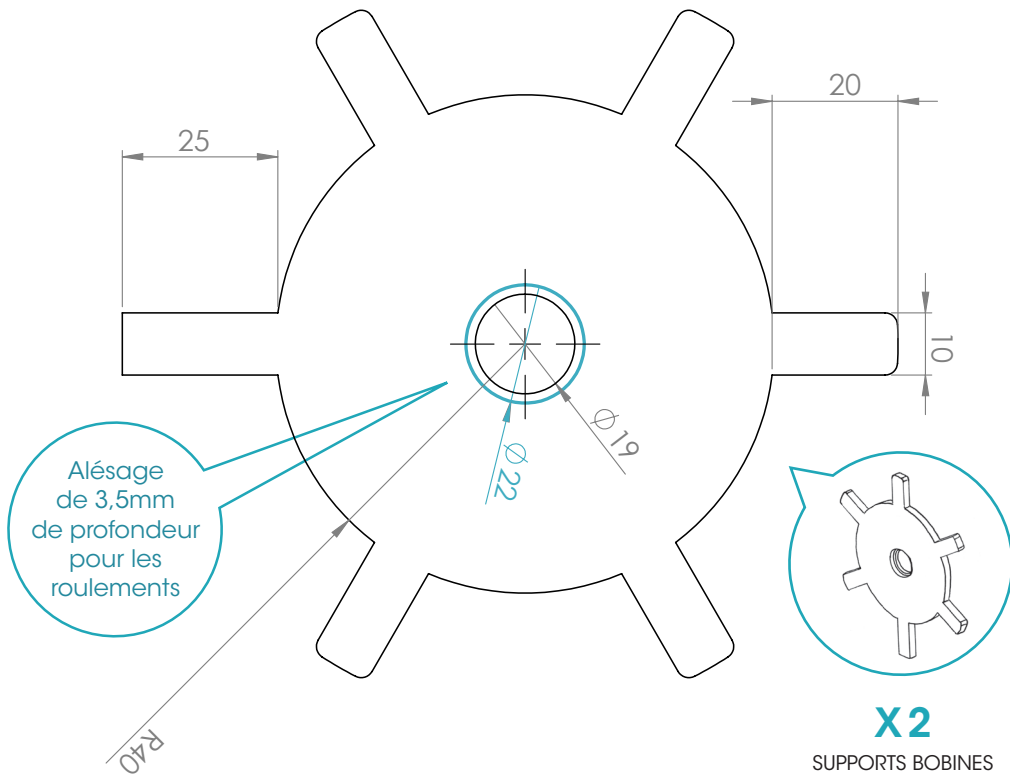
DU BOBINEUR (MINIMUM)

**X12**

PIÈCE 2

DU BOBINEUR (MINIMUM)



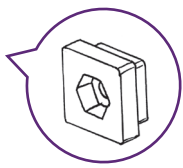
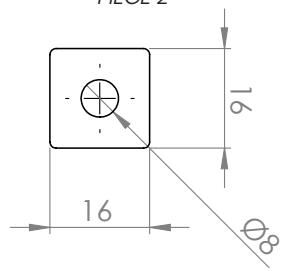


**X2**

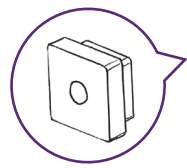
SUPPORTS BOBINES ALÉSÉS

**X2**

BOUCHON INTERIEUR  
PIÈCE 2



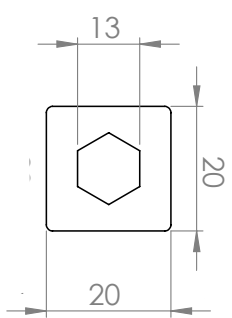
PIÈCE 1 & 2



PIÈCE 1 & 2

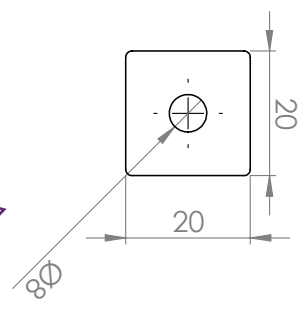
**X1**

BOUCHON HEXAGONE  
EXTÉRIEUR  
PIÈCE 1



**X1**

BOUCHON CERCLE EXTÉRIEUR  
PIÈCE 1



# 1 Montage

## Le rotor

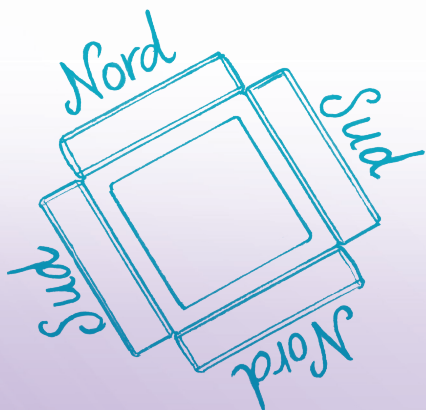


### LE SAVIEZ-VOUS ?

Lorsqu'on lance un aimant en l'air, il retombera toujours du même côté, grâce au magnétisme de la terre. Vous pouvez utiliser cette astuce pour déterminer les pôles des aimants.

## 1. DÉTERMINATION DES PÔLES

À l'aide d'une boussole, déterminer les pôles des aimants et les noter au marqueur.



## 2. FIXATION DES AIMANTS

Coller les 4 aimants sur les 4 surfaces du tube avec un point de colle forte (type super glu), de façon à alterner les pôles comme sur le schéma ci-contre. Vous pouvez vous aider d'un gabarit. Pour éviter que l'aimant ne dévie, vous pouvez placer un gabarit à l'emplacement de l'aimant, puis approcher l'aimant doucement pour le coller sur le tube.

### LE MATÉRIEL

4 AIMANTS

1 TUBE EN ACIER

1 MARQUEUR

COLLE FORTE

GABARIT

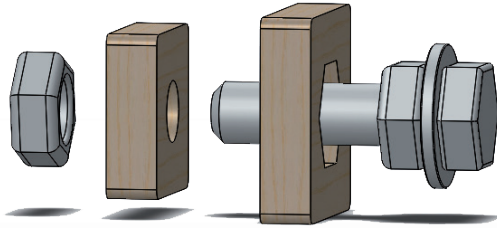
20mm

40mm



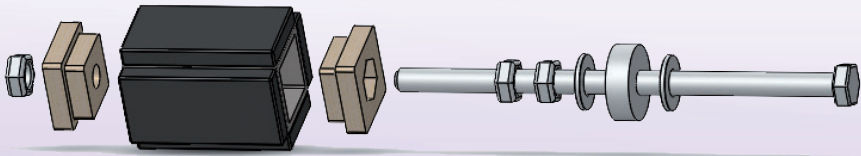
### 3. ASSEMBLAGE DES BOUCHONS

Coller les deux parties de chaque bouchon à l'aide d'un boulon afin qu'ils soient bien centrés.



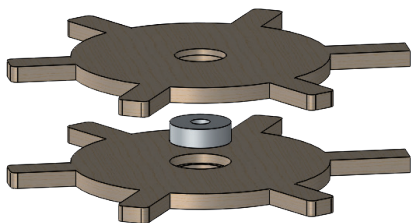
### 4. ASSEMBLAGE DU ROTOR

Assembler l'axe rotor comme ci-dessous :



# 2 Montage

## Le stator

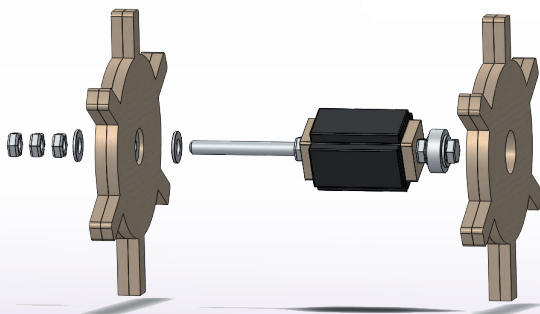


### 1. ASSEMBLAGE DES SUPPORTS BOBINES

Mettre le deuxième roulement dans un support bobine alésé, puis coller les deux supports bobines alésés ensemble de manière à bloquer le roulement à l'intérieur. De la même façon, coller les deux supports bobines non alésés ensemble.

### 2. ASSEMBLAGE DU ROTOR SUR LE STATOR

Assembler les deux supports bobines sur l'axe du rotor comme sur le schéma ci-contre.



#### LE MATÉRIEL

##### VENTILATEUR

ou du vent... si vous en avez !

2 SUPPORTS  
BOBINES  
NON ALÉSÉS

BOBINEURS

CUIVRE ÉMALLÉ

OSCILLOSCOPE

2 RONDELLES

5 ÉCROUS

2 SUPPORTS  
BOBINES ALÉSÉS

1 ROULEMENT

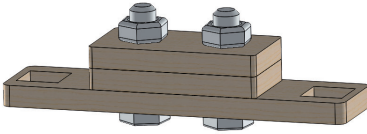
COLLE FORTE

CUTTER

SCOTCH

MARQUEUR





### 3. ASSEMBLAGE DES BOBINEURS

Pour chaque bobineur, coller les trois parties ensemble comme sur le schéma ci-contre. Vous pouvez vous aider de boulons pour bien centrer les pièces (que vous enlèverez lorsque la colle aura séché). Chaque bobine que vous réaliserez aura son bobineur.

### 4. REALISATION DES BOBINES

Réaliser différentes bobines en enroulant le fil de cuivre émaillé sur les bobineurs. Vous pouvez faire varier certains paramètres afin de tester leur influence : diamètre du fil de cuivre, nombre de tours.

Enlever l'émail aux extrémités du fil de chaque bobine à l'aide d'un cutter.

### 5. MONTAGE DES PALES

Assembler l'hélice sur l'axe et la fixer avec deux écrous. Vous pouvez maintenant tester les différentes bobines une par une avec un ventilateur afin de déterminer la meilleure configuration.



#### QUEL EST LE PLUS EFFICACE ?

A l'aide d'un oscilloscope, vous pouvez observer l'influence de chaque paramètre sur le courant : le diamètre du fil de cuivre, le nombre de tours, le nombre de pales, la taille et la forme des pales...

#### LE SENS D'ENROULEMENT DES BOBINES

Lorsqu'un courant circule dans une bobine de cuivre, un champ magnétique se crée. La bobine se comporte alors comme un aimant.

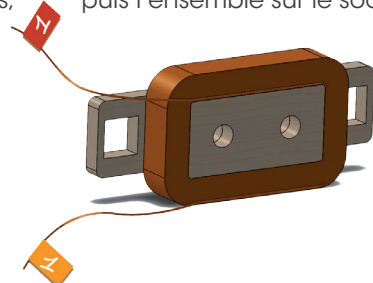
C'est pourquoi il est important de garder le même sens d'enroulement à chaque bobine, sans quoi les champs induits par les bobines pourraient s'annuler.



### 6. ASSEMBLAGE DU STATOR

Réaliser six bobines identiques en repérant l'entrée et la sortie du courant avec des scotchs de couleur différente, et veiller à tourner toujours dans le même sens. Scotcher les bobines pour éviter qu'elles ne se déroulent.

Emboîter les six bobineurs sur les supports bobines, puis l'ensemble sur le socle.



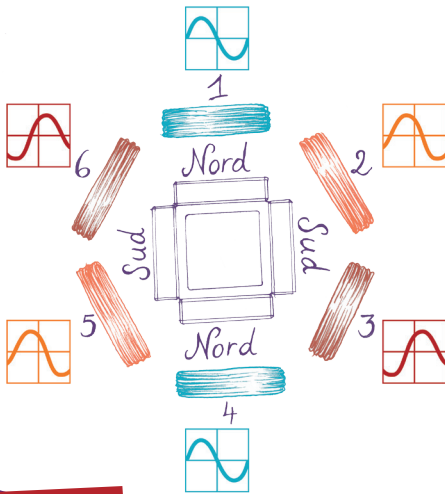
# 3 Montage

## Les soudures

### RÉALISATION D'UN MONTAGE TRIPHASÉ



Lorsque les six bobines sont sur le stator, il ne reste plus qu'à souder les fils sortants afin de réaliser un montage triphasé en étoile :



#### COMMENT FAIRE UN MONTAGE TRIPHASÉ

Point du circuit qu'on appelle le neutre

Les bobines



Ici, comme on a six bobines, on en mettra deux en série à chaque phase.

Sur le schéma ci-contre, on observe que lorsqu'un pôle nord est en face de la bobine 1, l'autre pôle nord est en face de la bobine 4. Les bobines 1 et 4 sont donc «en phase» : la tension à leurs bornes évoluera de la même manière en même temps. On peut dire la même chose entre les bobines 2 et 5, ainsi que les bobines 3 et 6.

#### LE MATÉRIEL



FER À SOUDER

ÉTAIN

CUTTER

OSCILLOSCOPE



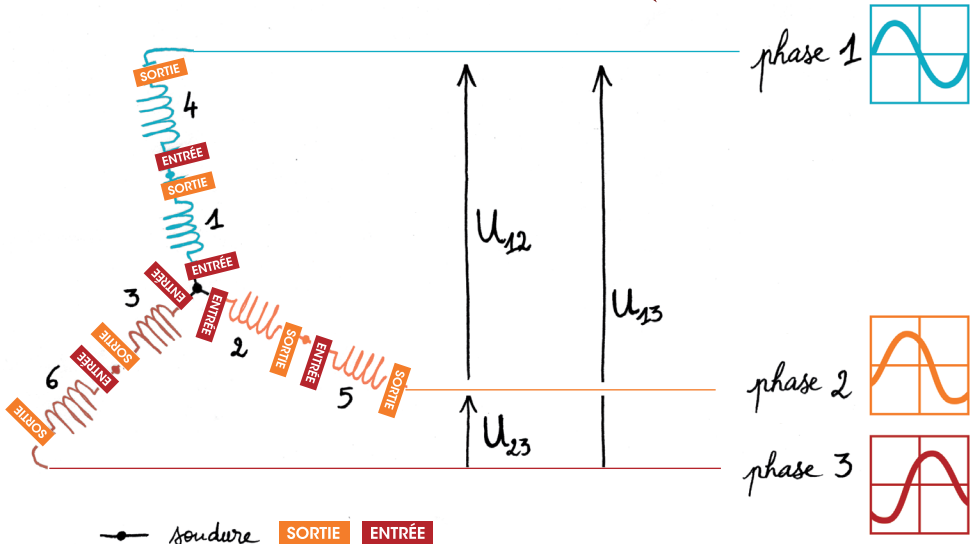
## DES PHASES DÉPHASÉES

Vous pouvez observer à l'oscilloscope les signaux  $U_{13}$ ,  $U_{12}$  et  $U_{23}$  : ces trois tensions sont sinusoïdales et déphasées les unes par rapport aux autres.

## 1. SOUDURE À L'ÉTAIN

Souder les entrées des bobines 1, 2 et 3 ensemble. Ce point du circuit sera « le neutre ».

Puis souder les bobines 1 et 4, 2 et 5, 3 et 6 en série comme indiqué sur le schéma ci-dessous, en respectant bien le sens de chaque bobine (entrée/sortie).



## POUR RÉALISER DE BONNES SOUDURES

Le fil de cuivre est émaillé : il est recouvert d'une fine couche de peinture qui empêche le courant de passer d'une spire à l'autre dans la bobine.

Avant de réaliser les soudures, vous enlèverez complètement l'émail aux extrémités de chaque bobine à l'aide d'un cutter, sans quoi vos soudures ne laisseront pas le courant passer d'une bobine à l'autre.

# 4 Montage

## Le pont de diodes

### CONVERTIR LE TRIPHASÉ EN COURANT CONTINU

QU'EST-CE QU'UN PONT DE DIODES ?



Nous avons à présent trois fils sortants de notre éolienne, trois «phases» décalées les unes par rapport aux autres.

À cette étape, nous allons «redresser» le courant afin d'obtenir un courant continu, à l'aide d'un pont de diodes.

Un pont de diodes permet de convertir toutes les parties négatives d'un courant en courant positif :

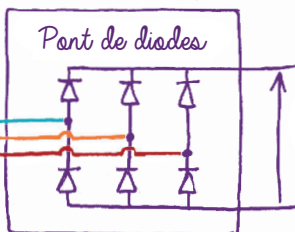


Dans notre montage triphasé, si on redresse la partie négative et qu'on assemble les trois phases, on obtient un signal quasi continu :

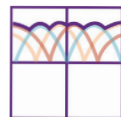
A l'entrée,  
trois courants  
sinusoïdaux déphasés



1  
2  
3

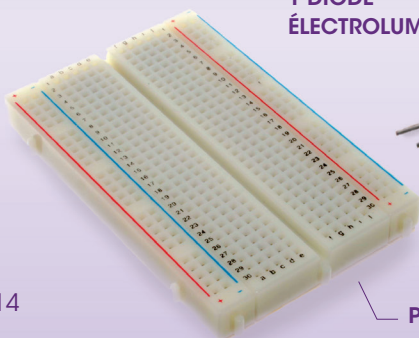


A la sortie,  
un courant quasi continu

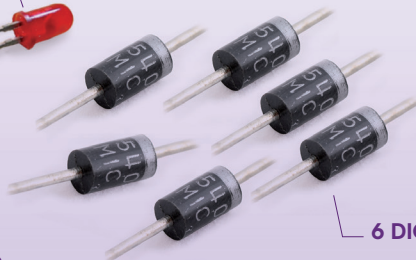


#### LE MATÉRIEL

1 DIODE  
ÉLECTROLUMINESCENTE



PROTOBOARD

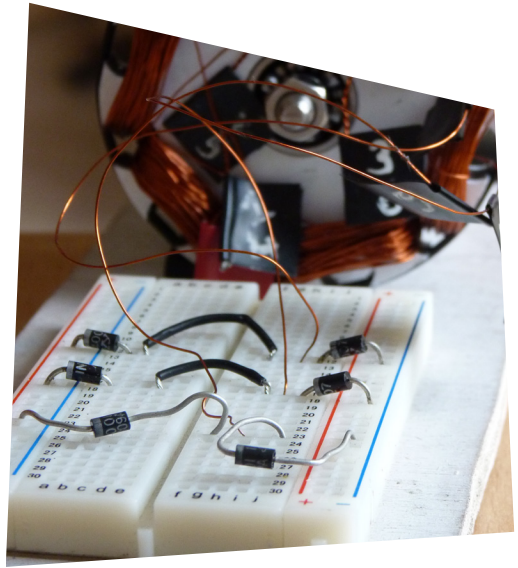


6 DIODES

## RÉALISATION DU PONT DE DIODES

Réaliser le schéma du pont de diodes indiqué.

Vous pouvez brancher une diode électroluminescente à la sortie du pont de diodes, et observer à l'oscilloscope le courant redressé.



*Votre éolienne est prête !*

---

### POUR ALLER PLUS LOIN

Il est possible d'aborder ce sujet plus en profondeur en montant un projet interdisciplinaire, avec des enseignants de mathématiques, d'histoire géographie, d'arts plastiques, de physique, de technologie...

### N'HÉSITEZ PAS À PARTAGER !

Pour partager des idées et trouver plus de supports pédagogiques sur l'éolien, rendez-vous sur [www.eolecole.fr](http://www.eolecole.fr)

### DES FORMATIONS POUR LES ENSEIGNANTS

EolEcole propose aussi des formations de construction d'éolienne Piggott aux enseignants pour les guider dans leur démarche et dans la compréhension du sujet.

---

Merci à :

Pierre Beroud et ses élèves du collège Delarbre pour leurs idées ingénieuses.

Merci au soutien de :





EolEcole est une équipe d'enseignants et de passionnés du petit éolien auto-construit, travaillant avec des étudiants et bénévoles.

Elle a pour but d'accompagner les enseignants dans l'éducation aux énergies renouvelables en leur proposant des supports pédagogiques et en transmettant son expérience dans l'éolien.

## UN PROJET PARTICIPATIF

Ce projet de kit éolienne expérimentale est un projet collaboratif.

Il a été réalisé par l'équipe d'EolEcole en collaboration avec des enseignants et des étudiants.

Vous pouvez faire avancer ce projet en partageant vos expériences, en postant des vidéos de vos projets, en proposant vos idées ainsi que celles de vos étudiants sur [www.eolecole.fr](http://www.eolecole.fr).

Vous pourrez aussi accéder à tous les fichiers modifiables sur cette même plate-forme.



Ce kit est sous licence libre Creative Commons.

### ATTRIBUTION



Vous devez créditer l'œuvre, intégrer un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été effectuées à l'œuvre.

### PAS D'UTILISATION COMMERCIALE



Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette œuvre, tout ou partie du matériel le composant.

### PARTAGE DANS LES MÊMES CONDITIONS



Toute modification à partir du matériel composant l'œuvre originale doit être diffusée sous les mêmes conditions.