

# Electromagnétisme

## *Electromagnetism*

Réf :  
292 075

Français – p 1

English – p 11

Version : 8006

**Alternateur réversible de démonstration**

***Reversible demonstration alternator***

## 1 Généralités

### 1.1 But de l'appareil

L'alternateur réversible de démonstration est conçu pour illustrer expérimentalement l'influence du mouvement relatif d'un aimant et d'une bobine pour produire une tension.

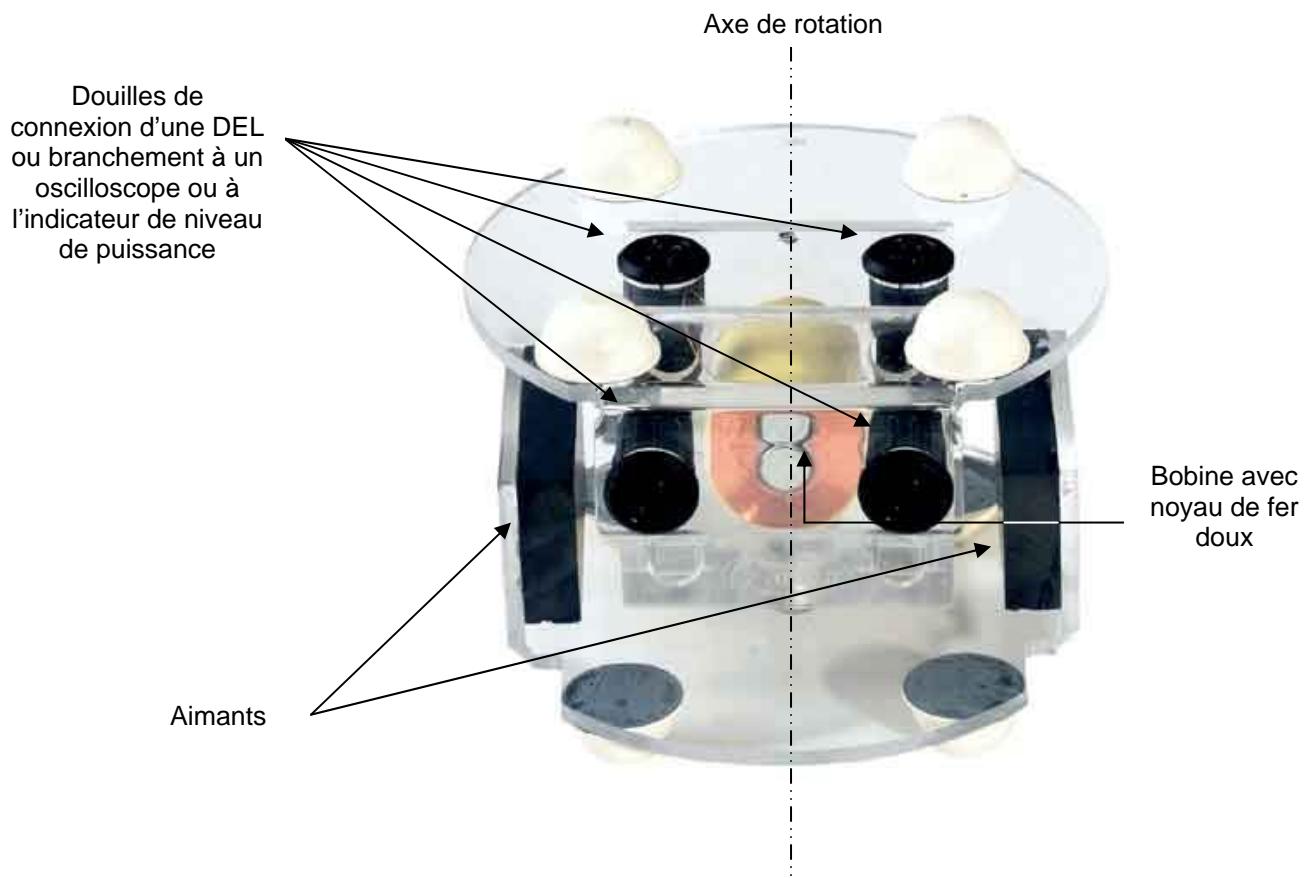
La tension variable dans le temps est obtenue par la rotation de la bobine par rapport aux deux aimants ou par rotation des deux aimants par rapport à la bobine.

L'alternateur réversible de démonstration permet également de montrer que la valeur maximale de la tension et la période sont fonction de la vitesse de rotation.

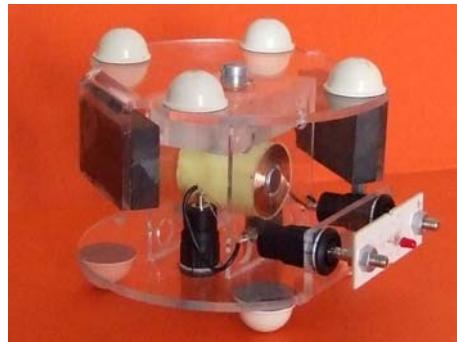
Le caractère alternatif de la tension produite peut être mis en évidence simplement à l'aide d'une DEL branchée aux bornes de la bobine.

Une étude plus approfondie peut être réalisée à l'aide d'un oscilloscope ou d'une interface d'acquisition branchée à un ordinateur.

### 1.2 Description



### 1.3 Utilisation

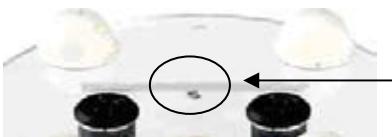


L'alternateur étant positionné dans un sens, le plateau supérieur auquel sont fixés les deux aimants est libre en rotation par rapport à la bobine.

L'alternateur étant positionné dans l'autre sens, le plateau supérieur auquel est fixée la bobine est libre en rotation par rapport aux aimants.

La rotation du plateau supérieur se fait :

- soit en donnant une impulsion à l'aide d'un doigt sur une des quatre butées fixées à ce plateau et en immobilisant le plateau inférieur.
- soit en assurant un mouvement uniforme de ce plateau, à l'aide d'un stylo placé dans l'orifice prévu à cet effet.



### 1.4 Caractéristiques techniques

Le dispositif est en polycarbonate transparent. Les deux plateaux coaxiaux sont montés sur roulement à billes.

L'inductance de la bobine est de 650 mH et les aimants sont en ferrite.

Les extrémités de la bobine sont reliées à deux paires de douilles de sécurité en parallèle de Ø 4 mm et d'un pas de 38 mm compatible avec les dipôles UME.

Les deux paires de douilles en parallèle permettent de brancher un dipôle (par exemple une DEL) à la bobine pour qu'il soit toujours visible quelque soit la position de l'alternateur réversible en rotation (voir images ci-dessus).

## 2 Mise en œuvre

### 2.1 Production d'une tension variable

#### 2.1.1 Mise en évidence du caractère alternatif de la tension produite

L'alternateur est positionné de façon à faire tourner les aimants.

On branche aux bornes de la bobine une DEL.

Soit par impulsion, soit à l'aide d'un stylo placé dans l'orifice du plateau supérieur, on met en rotation les aimants par rapport à la bobine.

Si la vitesse de rotation est suffisante, on observe que la DEL clignote. La DEL ayant la particularité de s'allumer quand le courant la traverse dans un sens, on peut conclure que la rotation des aimants par rapport à la bobine,



produit aux bornes de celle-ci une tension alternative qui ne génère un courant que pendant une alternance (la DEL s'allume).

Si la DEL clignote lorsque la vitesse de rotation est suffisante, cela signifie que la valeur maximale de la tension variable est fonction de cette vitesse de rotation. (voir paragraphe 2.3.2)

### 2.1.2 Mise en évidence du mouvement relatif des aimants et de la bobine pour produire une tension

On retourne l'alternateur, et on branche la DEL aux douilles du plateau supérieur.

On met en rotation la bobine par rapport aux aimants.

Avec une vitesse de rotation suffisante, la DEL clignote.

On peut conclure qu'une tension alternative est produite aux bornes de la bobine.



### 2.2 Indicateur de niveau de puissance



L'indicateur de niveau de puissance, référence 282 009, branché aux bornes de la bobine de l'alternateur, permet de montrer que la puissance électrique disponible\* est fonction de la vitesse de rotation.

\* **Remarque :** La puissance électrique que l'alternateur fournit dépend du récepteur qui est branché à ses bornes.

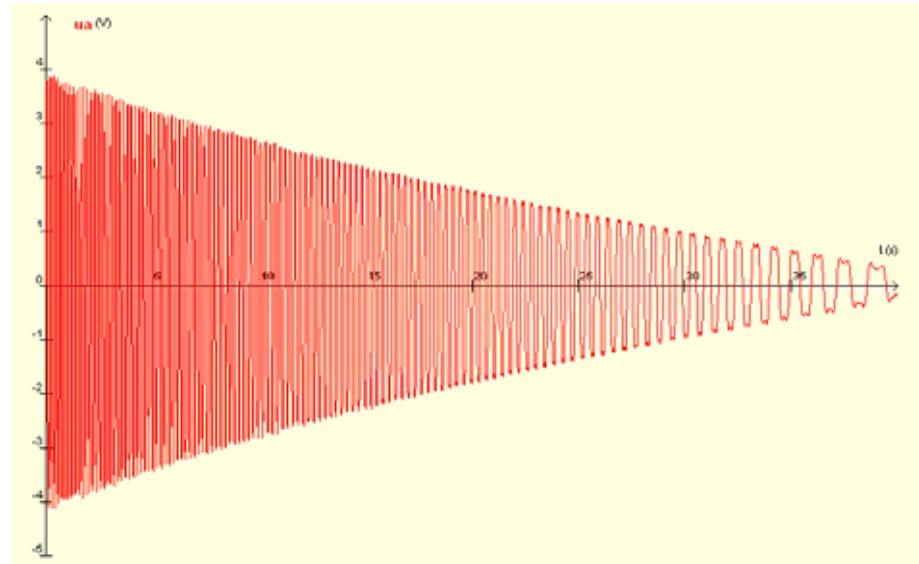
### 2.3 Visualisation de la tension produite à l'aide d'une interface

Pour visualiser la tension produite par l'alternateur en rotation, on branche la bobine sur une entrée de l'interface choisie (Visio, Primo ou VTT munie d'un adaptateur voltmètre).

### 2.3.1 Tension lorsque l'alternateur n'est pas relié à une DEL

On met en rotation l'alternateur à vide (sans DEL) en donnant une impulsion avec un doigt.

L'acquisition de la tension sur une durée relativement grande donne le résultat suivant :

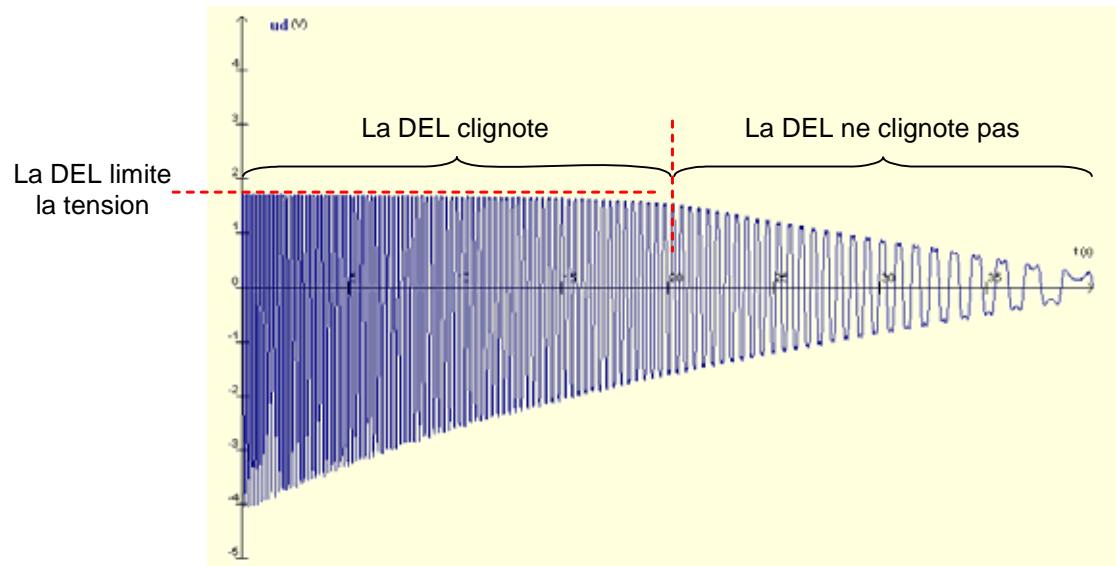


L'observation de la tension variable dans le temps permet de mettre en évidence deux phénomènes importants :

1. La valeur maximale de la tension décroît quand la vitesse de rotation diminue.
2. La période (ou pseudo période) augmente quand la vitesse de rotation diminue.

### 2.3.2 Tension lorsque l'alternateur est relié à une DEL

On met en rotation, par une impulsion, l'alternateur branché à une DEL.

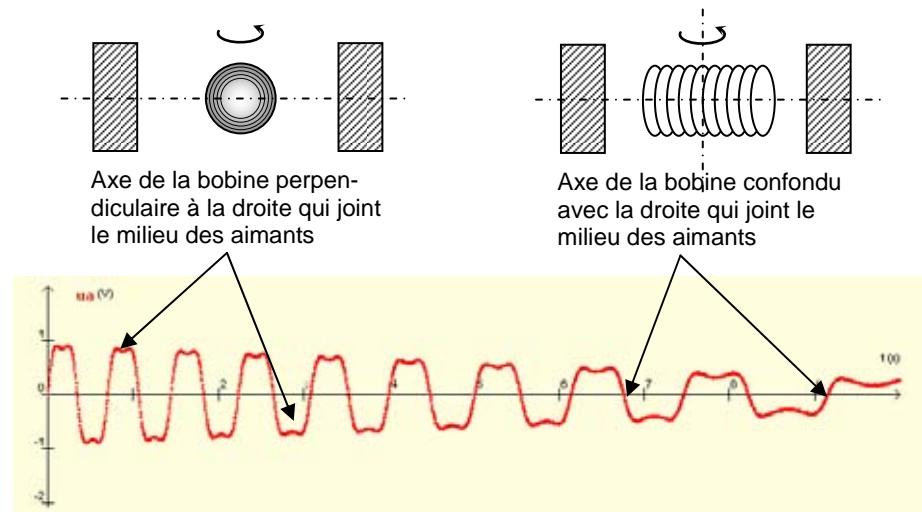


L'observation de la tension variable dans le temps met en évidence le comportement de la DEL :

1. La DEL clignote car elle ne s'allume qu'au cours d'une alternance. Dans l'expérience réalisée, c'est au cours de l'alternance positive que la DEL éclaire (en inversant le sens du branchement de la DEL, elle éclairerait pendant l'alternance négative). La DEL, comme toute diode ne laisse passer le courant que dans un sens.
2. La DEL clignote si la valeur de la tension à ses bornes est suffisante, ce qui met en évidence, comme pour toute diode, l'existence d'une «tension de seuil».
3. La DEL limite la tension en sens passant.

### 2.3.3 Tension en fonction de la position relative de la bobine et des aimants

Lorsque l'alternateur tourne lentement, on peut observer simultanément le tracé de la courbe de tension en fonction du temps et la position du rotor (partie tournante de l'alternateur) par rapport au stator (partie fixe de l'alternateur).



On constate que :

1. les maxima et les minima de tension sont obtenus lorsque l'axe de la bobine est perpendiculaire à la droite qui joint les aimants.
2. la tension est nulle lorsque l'axe de la bobine est confondu avec la droite qui joint les aimants.

**Remarque :** Avec la console Visio (et Visio plus), il est possible de filmer l'alternateur en mouvement pendant l'acquisition de la tension. Ainsi on peut observer, image après image et simultanément, l'évolution de la tension au cours du temps et la position relative de la bobine par rapport aux aimants.

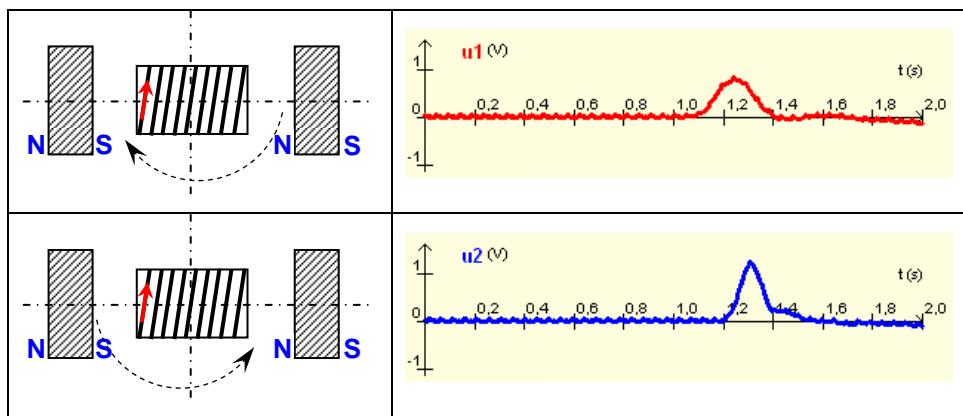
A partir de ces observations, on peut mettre en relation l'alternance de la tension et le sens de l'enroulement des spires de la bobine par rapport à un aimant.

Selon le niveau d'étude, on peut alors introduire la notion de flux magnétique.

### 2.3.4 Influence du sens de rotation de la bobine sur la tension produite

On branche la bobine à une interface reliée à l'ordinateur. On repère la polarité des aimants à l'aide d'une aiguille aimantée et on positionne le pôle sud d'un aimant en regard de la face de la bobine reliée aux douilles de sécurité.

On lance l'acquisition puis on met brièvement en rotation les aimants par rapport à la bobine, d'abord dans un sens puis dans l'autre. Les résultats sont les suivants :



Le sens de rotation n'a pas d'influence sur la forme du signal. Dans les deux cas la tension produite, dès la mise en rotation des aimants, est positive croissante puis décroissante.

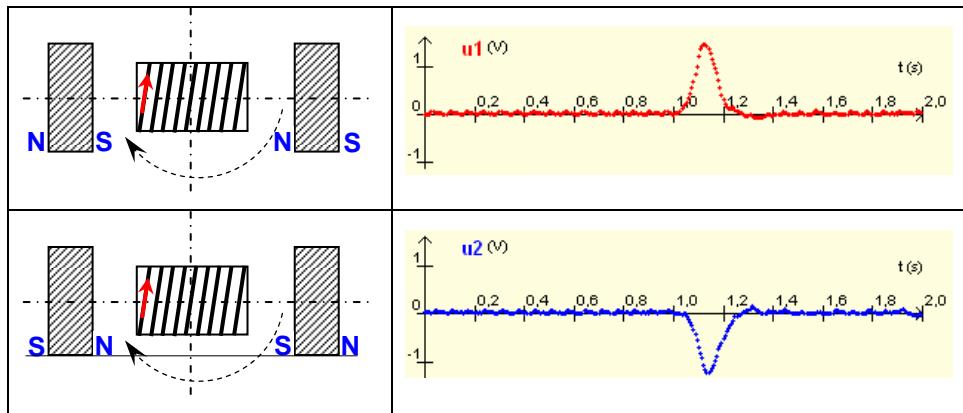
### 2.3.5 Influence de la polarité des aimants et du sens d'enroulement du fil qui constitue la bobine

On branche la bobine à une interface reliée à l'ordinateur. On repère la polarité des aimants à l'aide d'une aiguille aimantée.

Dans une 1<sup>ère</sup> expérience, on positionne le pôle sud d'un aimant en regard de la face de la bobine reliée aux douilles de sécurité.

Dans une 2<sup>ème</sup> expérience, on positionne le pôle nord d'un aimant en regard de la face de la bobine reliée aux douilles de sécurité.

Pour chaque expérience, on lance l'acquisition puis on met brièvement en rotation les aimants par rapport à la bobine. Les résultats sont les suivants :



Dans la 1<sup>ère</sup> expérience, le pôle sud (aimant de gauche) «voit» l'enroulement du fil de la bobine dans le sens trigonométrique (sens contraire des aiguilles d'une montre).

Dans la 2<sup>ème</sup> expérience, le pôle sud (aimant de droite) «voit» l'enroulement du fil de la bobine dans le sens des aiguilles d'une montre.

On observe que la tension produite est positive dans la 1<sup>ère</sup> expérience et négative dans la 2<sup>ème</sup>.

En conclusion, quand le sens d'enroulement des spires d'une bobine, en regard d'un pôle d'aimant (nord ou sud) change, la tension produite est inversée.

### 3 Etude théorique de l'alternateur

#### 3.1 Enoncé de la loi de Lenz

Le courant induit a un sens tel que ses effets s'opposent à la cause qui lui a donné naissance.

#### 3.2 Flux magnétique

Soit  $N$  le nombre de spires par rangée sur la longueur  $L$  de la bobine. ( $L = 38$  mm).

(Le diamètre du fil de cuivre qui forme la bobine étant de 0,2 mm, le nombre de spires par rangée est  $N \approx 190$ ).

Soit  $i$  le numéro de la rangée des spires de rayon  $r_i$ . (Pour  $i = 1$ ,  $r_i = 4,5$  mm)

$i$  varie de 1 à  $n_T$  (avec  $n_T \approx 33$ )

Le flux magnétique a pour expression :  $\Phi = N\pi \sum_{i=1}^{i=n_T} r_i^2 \vec{B} \cdot \vec{n}$ .

Si on pose  $N\pi \sum_{i=1}^{i=n_T} r_i^2 = S_T$ , somme des aires des spires qui forment la bobine,

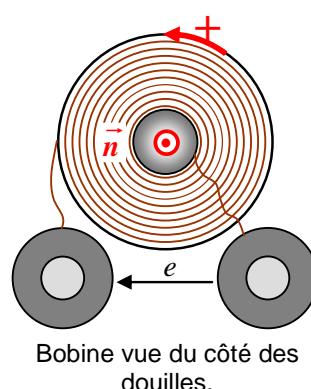
l'expression du flux devient :  $\boxed{\Phi = S_T \vec{B} \cdot \vec{n}}$ .

#### 3.3 Choix arbitraire de la normale à la bobine

On choisit comme sens positif le sens d'enroulement des spires. La règle de la main droite donne le sens de la normale. (Voir schéma ci-dessous)

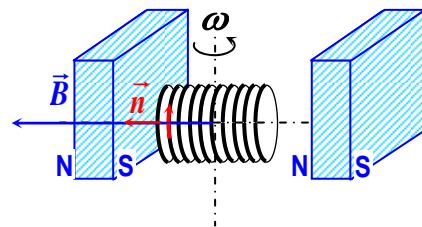
#### 3.4 Force électromotrice d'induction (f.é.m.) : $e$

Toute variation de flux produit une f.é.m. dont l'expression est :  $e = -\frac{d\Phi}{dt}$ .



### 3.5 Etude de la tension aux bornes de la bobine à vide (force électromotrice) au cours du temps

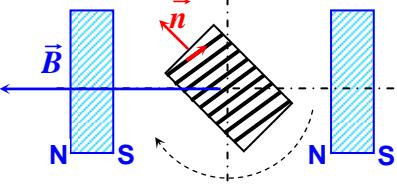
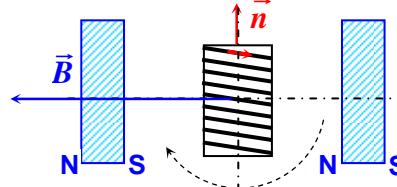
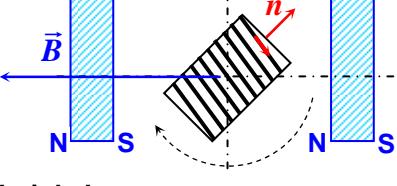
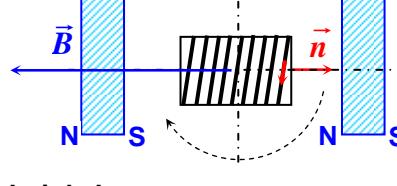
Considérons la bobine en rotation par rapport aux aimants :

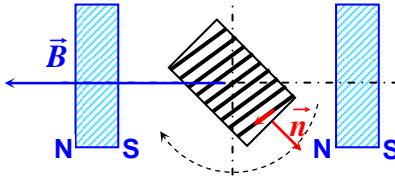
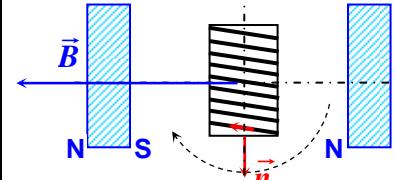
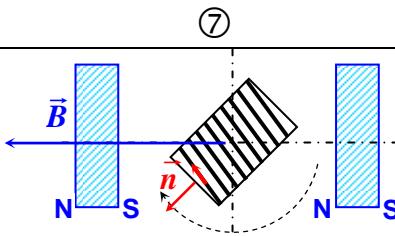
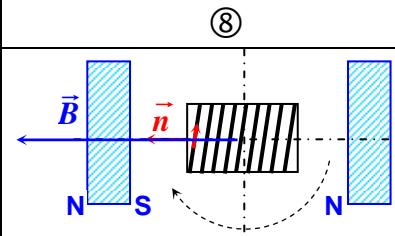


Dans l'étude qui suit, on fait référence à la face de la bobine d'où sort la normale.

Au cours du temps, on repère quelques positions de la bobine en rotation par rapport aux aimants. Les représentations sont en vue de dessus et les explications se font en référence :

1. à la loi de Lenz
2. au flux magnétique et à ses variations.

①	②
	
<p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine s'éloignant du pôle sud de l'aimant de gauche, est, pour s'opposer à cet éloignement, une face nord : <math>e &gt; 0</math> <b>Flux magnétique</b> Le flux est positif décroissant.</p>	<p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine reste une face nord pour s'éloigner de l'aimant de gauche et se rapprocher de celui de droite : <math>e &gt; 0</math> <b>Flux magnétique</b> Le flux est nul.</p>
③	④
	
<p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine s'approchant du pôle nord de l'aimant de droite, reste une face nord et s'oppose à cette approche : <math>e &gt; 0</math> <b>Flux magnétique</b> Le flux est négatif décroissant.</p>	<p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine ne présente pas de face magnétique : <math>e = 0</math> <b>Flux magnétique</b> Le flux est minimal.</p>

	
<p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine s'éloignant du pôle nord de l'aimant de droite, est, pour s'opposer à cet éloignement, une face sud : <math>e &lt; 0</math></p> <p><b>Flux magnétique</b> Le flux est négatif croissant.</p>	<p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine reste une face sud pour s'éloigner de l'aimant de droite et se rapprocher de celui de gauche : <math>e &lt; 0</math></p> <p><b>Flux magnétique</b> Le flux est nul.</p>
 <p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine s'approchant du pôle sud de l'aimant de gauche, est, pour s'opposer à cet rapprochement, une face sud : <math>e &lt; 0</math></p> <p><b>Flux magnétique</b> Le flux est positif croissant.</p>	 <p><b>Loi de Lenz</b> La face de la bobine ne présente pas de face magnétique : <math>e = 0</math>.</p> <p><b>Flux magnétique</b> Le flux est maximal.</p>

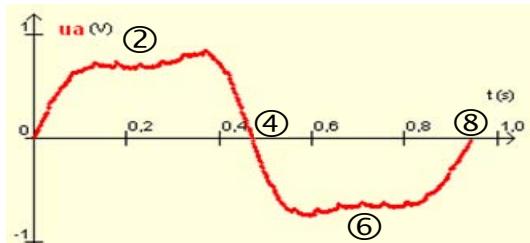
On peut récapituler les variations de la f.e.m. d'induction dans le tableau suivant :

positions	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Flux $\Phi$	→	0	→	mini	→	0	→	maxi
$e = -\frac{d\Phi}{dt}$	> 0	> 0	> 0	0	< 0	< 0	< 0	0

### 3.6 Vérification expérimentale

On réalise l'expérience dans les conditions décrites et illustrées ci-dessus après avoir repéré les polarités des aimants à l'aide d'une aiguille aimantée. On branche la bobine à une interface reliée à l'ordinateur ( $u_a = e$ ). On met en rotation la bobine à l'aide d'un stylo placé dans l'orifice prévu à cet effet dans le plateau supérieur, en même temps qu'on lance l'acquisition.

La vérification expérimentale donne :



**Remarque :** Les inflexions de la courbe en ses maxima et minima sont essentiellement dues aux dimensions de la bobine. De plus, le champ magnétique dans lequel plonge la bobine n'est pas rigoureusement uniforme.

## 4 Service après vente

La garantie est de 2 ans, le matériel doit être retourné dans nos ateliers.

Pour toutes réparations, réglages ou pièces détachées, veuillez contacter :

**JEULIN - SUPPORT TECHNIQUE**  
Rue Jacques Monod  
BP 1900  
**27 019 EVREUX CEDEX FRANCE**  
0825 563 563

## 1 General

### 1.1 Purpose of the instrument

The reversible demonstration alternator is designed to experimentally illustrate the influence of relative movement of a magnet and a coil to generate a voltage.

The variable voltage in time is obtained by rotating the coil relative to the two magnets or rotating the two magnets relative to the coil.

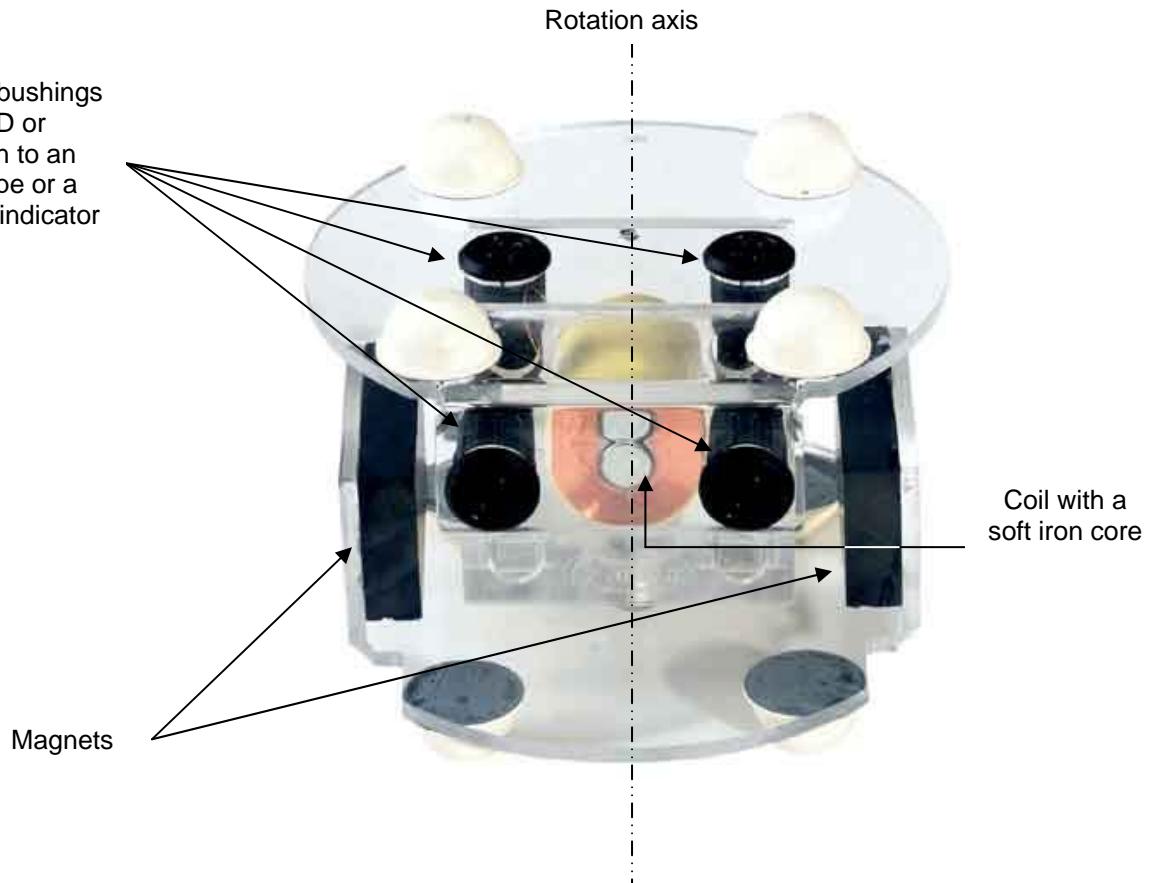
The reversible demonstration alternator can also be used to show that the maximum value of the voltage and the period depend on the rotation speed.

The alternating nature of the voltage generated may be demonstrated simply using a LED connected to the coil terminals.

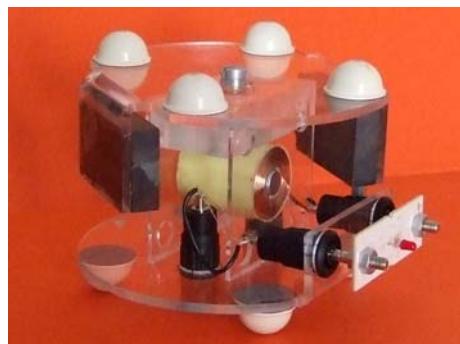
A more detailed study can be carried out using an oscilloscope or an acquisition interface connected to a computer.

### 1.2 Description

Connection bushings  
of a LED or  
connection to an  
oscilloscope or a  
power level indicator



## 1.4 Use



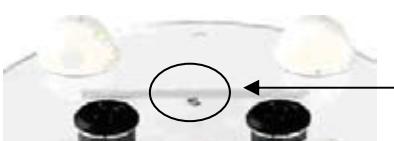
The alternator is positioned in one direction, and the upper plate to which the two magnets are fixed is free to rotate relative to the coil.



The alternator is positioned in the other direction, the upper plate to which the coil is fixed is free to rotate relative to the magnets.

The upper plate is rotated:

- either by pushing one of the four stops fixed to this plate with your finger, and holding the lower plate fixed.
- or by moving this plate uniformly, using a pen located in the orifice provided for this purpose.



## 1.5 Technical characteristics

The device is made from transparent polycarbonate. The two coaxial plates are mounted on a ball bearing.

The coil inductance is 650 mH and the magnets are made of ferrite.

The coil ends are fixed to two pairs of Ø 4 mm safety bushings in parallel at a pitch of 38 mm compatible with UME dipoles.

The two pairs of bushings in parallel can be used to connect a dipole (for example a LED) to the coil so that it is always visible regardless of the position of the reversible rotating alternator (see images above).

## 2 Usage

### 2.1 Production of a variable voltage

#### 2.1.1 Demonstrating the alternating nature of the voltage produced

The alternator is positioned so as to rotate the magnets.

A LED is connected to the coil terminals.

The magnets are rotated relative to the coil, either by pushing them or using a pen located in the orifice of the upper plate.

If the rotation speed is sufficient, it will be seen that the LED flashes. The LED is special in that it only lights up when current passes through it in one direction, consequently it can be concluded that rotating magnets relative to the coil generates an alternating voltage at the coil terminals that only generates a current during one alternation (the LED lights up).



If the LED blinks when the rotation speed is sufficiently high, this means that the maximum value of the variable voltage depends on this rotation speed.(see section 2.3.2)

### 2.1.2 Demonstrating the relative movement of magnets and the coil to produce a voltage

The alternator is turned over, and the LED is connected to the bushings of the upper plate.

The coil is rotated relative to the magnets.

The LED blinks when the rotation speed is sufficient.

It can be concluded that an alternating voltage is generated at the coil terminals.



### 2.2 Power level indicator



The power level indicator connected to the alternator coil terminals demonstrates that the available electrical power\* depends on the rotation speed.

\* Note : The electrical power output by the alternator depends on the receiver connected to its terminals.

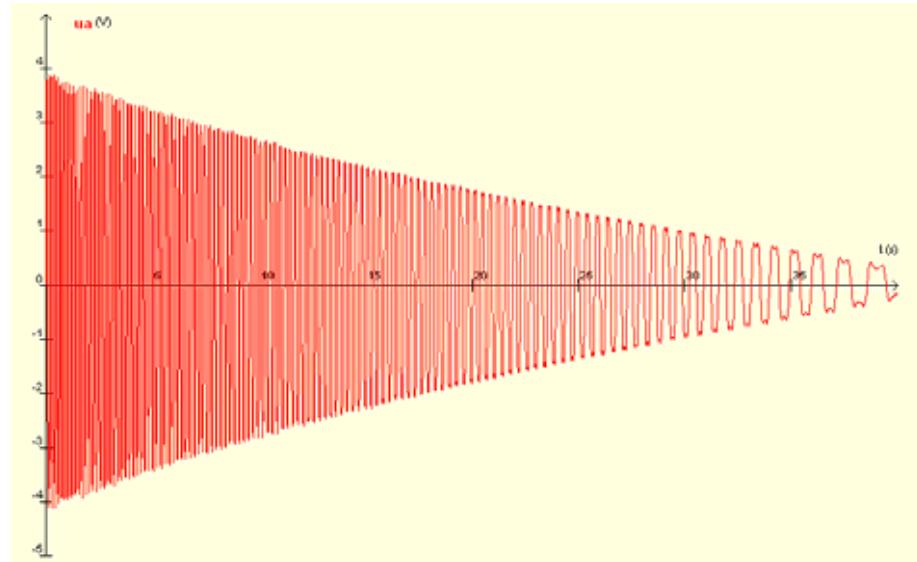
### 2.3 Displaying the voltage generated using an interface

The coil is connected to an input of the chosen interface (Visio, Primo or VTT provided with a voltmeter adapter), to display the voltage generated by the rotating alternator.

#### 2.3.1 Voltage when the alternator is not connected to a LED

The alternator is rotated at no load (without LED), by pushing it with a finger.

The voltage acquisition over a relative long period gives the following result:

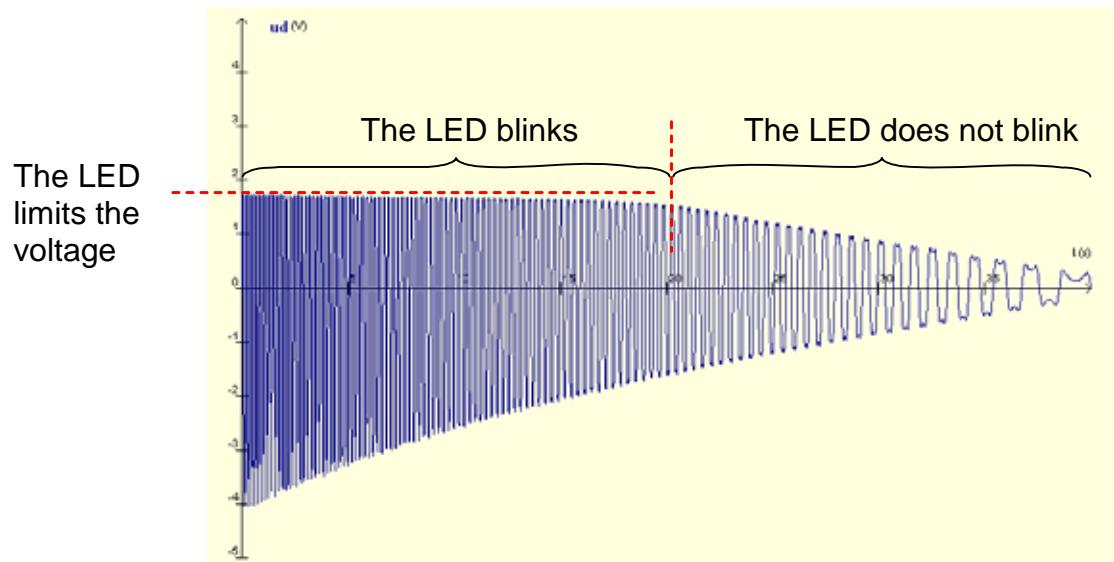


Observation of the variable voltage with time demonstrates two important phenomena :

1. The maximum value of the voltage decreases when the rotation speed reduces.
2. The period (or pseudo period) increases when the rotation speed reduces.

### 2.3.2. Voltage when the alternator is connected to a LED

The alternator connected to a LED is rotated by pushing on it.



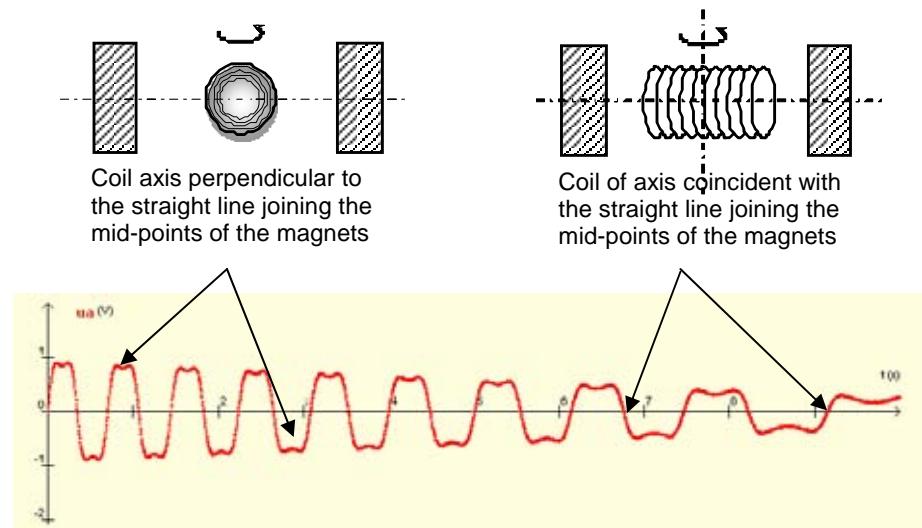
Observation of variable voltage with time demonstrates the behavior of the LED:

1. The LED blinks because it only lights up during one alternation. In the experiment made, the LED lights up during the positive alternation (if the LED connection were inverted, it would light up during the negative alternation). Like all diodes, the LED only allows current to pass in one direction.

2. The LED blinks if the value of the voltage at its terminals is sufficiently high, which demonstrates the existence of a «threshold voltage» as for all diodes.
3. The LED limits the voltage in the conducting direction.

### 2.3.3 Voltage as a function of the relative position of the coil and magnets

When the alternator turns slowly, the plot of the voltage curve as a function of time and the position of the rotor (the rotating part of the alternator) relative to the stator (the fixed part of the alternator) can be observed simultaneously.



It is found that:

1. the maximum and minimum voltages are obtained when the coil axis is perpendicular to the straight line joining the magnets.
2. the voltage is zero when the coil axis is coincident with the straight line joining the magnets.

**Note :** With the Visio (and Visio plus) console, the alternator can be filmed in movement during acquisition of the voltage. Thus, the variation of the voltage during time and the position of the coil relative to the magnets can be observed, image by image and simultaneously.

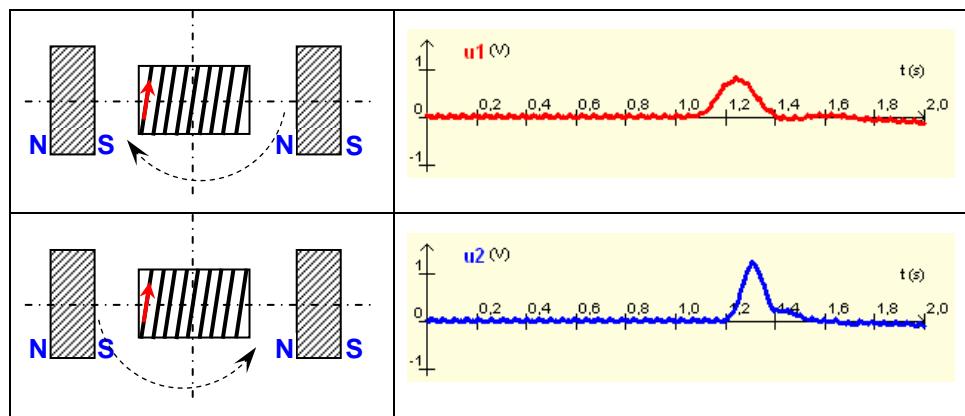
Starting from these observations, the alternation of the voltage and the direction of the winding in coil turns relative to a magnet can be related to each other.

The concept of magnetic flux can then be introduced, depending on the study level.

### 2.3.4 Influence of the coil rotation direction on the voltage produced

The coil is connected to an interface connected to the computer. The polarity of the magnets is identified using a magnetized needle and the south pole of a magnet is placed facing the face of the coil connected to the safety bushings.

Acquisition is started and then the magnets are made to rotate briefly relative to the coil, firstly in one direction and then in the other direction. The results obtained are as follows :



The rotation direction has no influence on the shape of the signal. In both cases, the voltage produced as soon as the magnets start rotating is positive increasing and then decreasing.

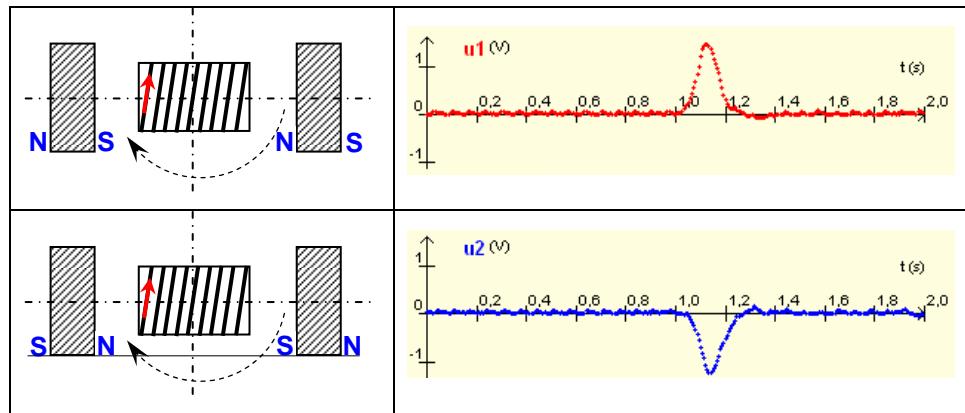
### 2.3.5 Influence of the polarity of the magnets and the direction of winding of the wire that forms the coil

The coil is connected to an interface connected to the computer. The polarity of magnets is identified using a magnetized needle.

In a first experiment, the south pole of a magnet is put into place facing the face of the coil connected to the safety bushings.

In a second experiment, the north pole of a magnet is put into place facing the face of the coil connected to the safety bushings.

For each experiment, the acquisition is started and then the magnets are made to rotate briefly relative to the coil. The results are as follows:



In the first experiment, the south pole (left magnet) « sees » the winding of the coil wire in the anti-clockwise direction.

In the second experiment, the south pole (right magnet) « sees » the winding of the coil wire in the clockwise direction.

It is found that the voltage produced is positive in the first experiment and negative in the second.

In conclusion, when the winding direction of the turns in a coil facing a magnet pole (north or south) changes, the voltage generated is inverted.

### 3. Theoretical alternator design

#### 3.1 Statement of Lenz's law

The direction of the induced current is such that its effects oppose the cause that created it.

#### 3.2 Magnetic flux

Let  $N$  be the number of turns per row on the length  $L$  of the coil ( $L = 38$  mm).

(The diameter of the copper wire that forms the coil is 0.2mm, while the number of turns per row is  $N \approx 190$ ).

Let  $i$  be the number of the row of turns with radius  $r_i$  (for  $i = 1$ ,  $r_i = 4.5$  mm)

$i$  varies from 1 to  $n_T$  (where  $n_T \approx 33$ )

The expression of the magnetic flux is  $\Phi = N\pi \sum_{i=1}^{i=n_T} r_i^2 \vec{B} \cdot \vec{n}$ .

If we let  $N\pi \sum_{i=1}^{i=n_T} r_i^2 = S_T$ , be the sum of the areas of the turns making up the

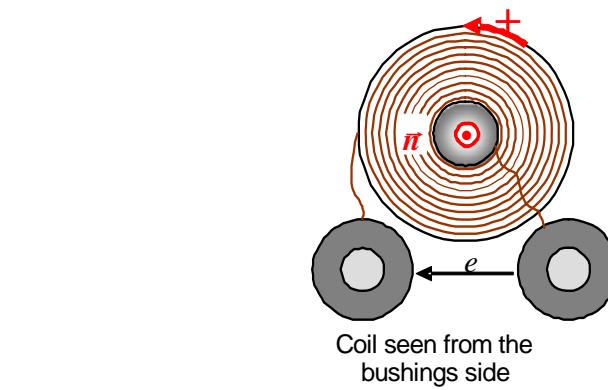
coil, the expression for the flux becomes  $\Phi = S_T \vec{B} \cdot \vec{n}$ .

#### 3.3 Arbitrary choice of the normal to the coil

The positive direction is chosen to be the turn winding direction. The right hand rule gives the direction of the normal. (See diagram below)

#### 3.4 Electromotive force (e.m.f) of induction : $e$

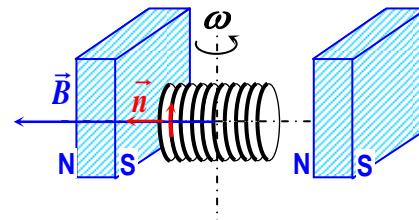
Any variation in the flux generates an e.m.f given by the



$$\text{expression } e = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

### 3.5 Study of the voltage at the coil terminals at no load (electromotive force) during time

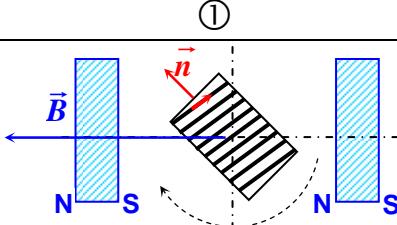
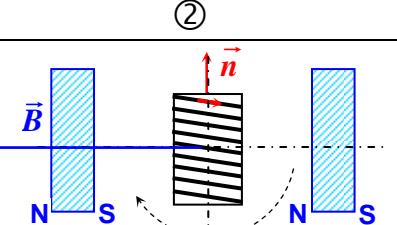
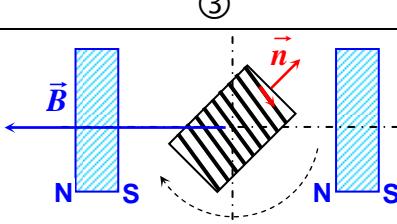
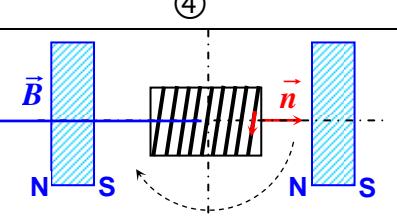
Consider the coil in rotation relative to the magnets:

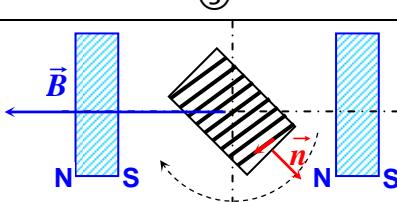
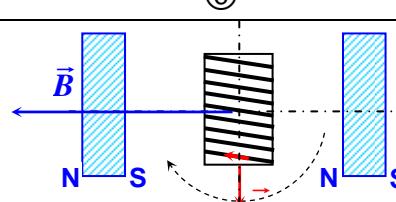
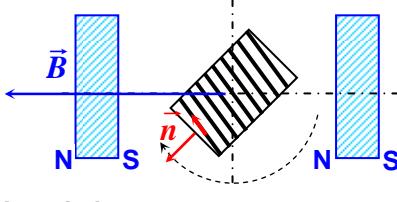
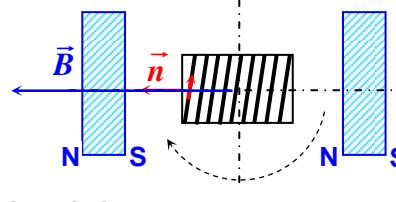


In the following study, we refer to the face of the coil from which the normal originates.

Some positions of the coil as it rotates relative to the magnets are marked at different times. The views are seen from above and the explanations are given with reference to:

1. Lenz's law
2. the magnetic flux and variations of the flux

①	②
 <p><b>Lenz's law</b> The coil face moving away from the south pole of the left magnet is a north face, to oppose this separation: <math>e &gt; 0</math> <b>Magnetic flux</b> The flux is positive decreasing.</p>	 <p><b>Lenz's law</b> The coil face remains a north face to move away from the left magnet and move towards the right magnet. <math>e &gt; 0</math> <b>Magnetic flux</b> The flux is null.</p>
 <p><b>Lenz's law</b> The coil face moving towards the north pole of the right magnet is still a north face and opposes this approach. <math>e &gt; 0</math> <b>Magnetic flux</b> The flux is negative decreasing.</p>	 <p><b>Lenz's law</b> The coil face does not have a magnetic face. <math>e = 0</math> <b>Magnetic flux</b> The flux is minimum.</p>

 <p><b>Lenz's law</b> The coil face moving away from the north pole of the right magnet is a south face, to oppose this separation. <math>e &lt; 0</math></p> <p><b>Magnetic flux</b> The flux is negative increasing.</p>	 <p><b>Lenz's law</b> The coil face remains a south face to move away from the right magnet and move towards the left magnet. <math>e &lt; 0</math></p> <p><b>Magnetic flux</b> The flux is null.</p>
 <p><b>Lenz's law</b> The coil face moving towards the south pole of the left magnet is a south face to oppose this approach. <math>e &lt; 0</math></p> <p><b>Magnetic flux</b> The flux is positive increasing.</p>	 <p><b>Lenz's law</b> The coil face does not have a magnetic face.</p> <p><b>Magnetic flux</b> The flux is maximum.</p>

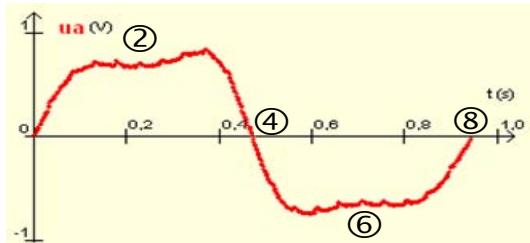
The variations of the induction e.m.f. can be summarized in the following table:

positions	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Flux $\Phi$	↓	0	↓	mini	↑	0	↑	maxi
$e = -\frac{d\Phi}{dt}$	> 0	> 0	> 0	0	< 0	< 0	< 0	0

### 3.6 Experimental verification

The experiment is carried out under conditions described and illustrated above, after marking the polarities of magnets using a magnetized needle. The coil is connected to an interface connected to the computer ( $u_a = e$ ). The coil is rotated using a pen located in the orifice provided for it, in the upper plate, at the same time as the acquisition is started.

The experimental verification gives:



**Note :** Inflexions in the curve at the maximum and minimum points are essentially due to the dimensions of the coil. Furthermore, the magnetic field in which the coil is immersed is not strictly uniform.

## 4 After-Sales Service

This material is under a two year warranty and should be returned to our stores in the event of any defects.

For any repairs, adjustments or spare parts, please contact:

**JEULIN - TECHNICAL SUPPORT**  
**Rue Jacques Monod**  
**BP 1900**  
**27 019 EVREUX CEDEX FRANCE**  
**+33 (0) 2 32 29 40 50**

# Assistance technique en direct

## Une équipe d'experts à votre disposition du Lundi au Vendredi (8h30 à 17h30)

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge immédiatement votre appel pour vous apporter une réponse adaptée à votre domaine d'expérimentation : Sciences de la Vie et de la Terre, Physique, Chimie, Technologie .

### Service gratuit \*

**0825 563 563** choix n° 3. \*\*

\* Hors coût d'appel : 0,15 € ttc / min.  
à partir d'un poste fixe.

\*\* Numéro valable uniquement pour  
la France métropolitaine et la Corse.

Pour les Dom-Tom et les EEE,  
utilisez le + 33 (0)2 32 29 40 50

### Aide en ligne : [www.jeulin.fr](http://www.jeulin.fr)

Rubrique FAQ



Rue Jacques-Monod,  
Z.I. n° 1, Netreville,  
BP 1900, 27019 Evreux cedex,  
France

Tél. : + 33 (0)2 32 29 40 00  
Fax : + 33 (0)2 32 29 43 99  
Internet : [www.jeulin.fr](http://www.jeulin.fr) - [support@jeulin.fr](mailto:support@jeulin.fr)

Phone : + 33 (0)2 32 29 40 49  
Fax : + 33 (0)2 32 29 43 05  
Internet : [www.jeulin.com](http://www.jeulin.com) - [export@jeulin.fr](mailto:export@jeulin.fr)

SA capital 3 233 762 € - Siren R.C.S. B 387 901 044 - Siret 387 901 04400017

# Direct connection for technical support

## A team of experts at your disposal from Monday to Friday (opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request immediately to provide you with the right answers regarding your activity field : Biology, Physics, Chemistry, Technology .

### Free service \*

**+ 33 (0)2 32 29 40 50\*\***

\* Call cost not included

\*\* Only for call from foreign countries

