

## Futur des énergies Alternateurs

### QCM

#### 1. L'induction électromagnétique, c'est :

- a. La création d'un champ magnétique par un courant électrique qui parcourt un fil.
- b. La création d'un courant électrique dans une bobine en rotation sur elle-même.
- c. La création d'un courant électrique dans une bobine par un aimant en mouvement par rapport à cette dernière.

#### 2. D'un point de vue énergétique, l'induction électromagnétique est :

- a. une conversion d'énergie électrique en énergie mécanique.
- b. une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique.
- c. une conversion d'énergie mécanique en énergie thermique.

#### 3. La puissance mécanique fournie par un moteur à un générateur se calcule comme :

- a. le produit de la force par la fréquence de rotation.
- b. le produit du couple par la pulsation.
- c. le produit de la longueur par la force.

#### 4. Le rendement d'un alternateur se calcule :

- a. en divisant la vitesse de rotation de l'alternateur par l'intensité du courant produit.
- b. en multipliant la puissance électrique en sortie par la puissance mécanique en entrée.
- c. en faisant le quotient de la puissance électrique en sortie par la puissance mécanique en entrée.

#### 5. Le rendement d'un alternateur industriel est de l'ordre de :

- a. 30 %.
- b. 60 %.
- c. 95 %.

## Exercice - Caractéristiques d'un alternateur

On a relevé les valeurs suivantes pour un alternateur de voiture en fonctionnement.

| Grandeur                         | Valeur          |
|----------------------------------|-----------------|
| Couple appliqué à l'arbre moteur | 5 Nm            |
| Vitesse de rotation              | 2 000 tours/min |
| Courant fourni                   | 80 A            |
| Tension fournie                  | 12 V            |

1. À partir de la vitesse de rotation donnée ici en tours par minute, calculez la pulsation du rotor de l'alternateur (en  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ )
2. Calculez alors la puissance mécanique fournie à l'alternateur.
3. Calculez la puissance électrique fournie par l'alternateur.
4. Déduisez-en le rendement de la conversion mécanique/électrique assurée par l'alternateur.

## Exercice - Champ magnétique

Dans l'expérience historique d'Ørsted, la boussole est déviée par le champ magnétique créé par le courant circulant dans le fil. À une distance  $d$  du fil, on peut montrer que ce champ a pour valeur  $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d}$  où  $\mu_0$ , appelée perméabilité magnétique du vide, est une constante universelle qui vaut  $4\pi \cdot 10^{-7}$  en unités du système international.

**Question :** En supposant que le fil se situe à 1 cm de la boussole et en se rappelant que le champ magnétique terrestre vaut  $5 \cdot 10^{-5}$  Tesla (unité du système international), à quelle intensité  $I$  le champ créé par le fil est-il comparable à celui de la Terre?

## Exercice - Usine marémotrice

L'usine marémotrice de la Rance (Ille-et-Vilaine) utilise l'énergie des courants de marée pour produire environ 500 GWh annuellement. Les turbines sont de très grande dimension et sont réversibles. Afin que les poissons puissent circuler, la vitesse de rotation est réduite à moins de 100 tours par minute. Pour conserver une énergie mécanique élevée, on peut compenser cette faible rotation par des pales de grande dimension.

**Question :** Justifiez cette proposition en énonçant notamment une relation liant énergie mécanique et vitesse de rotation.

## Exercice - Calculer

### La relation entre couple, vitesse et force

Un vélo de course possède un pédalier avec 2 ou 3 plateaux comportant  $N$  dents. Il possède également une cassette arrière possédant  $n$  dents. Le cycliste peut changer de plateau et/ou de pignon arrière. Pour un tour de pédalier, la roue arrière effectue  $N/n$  tours.

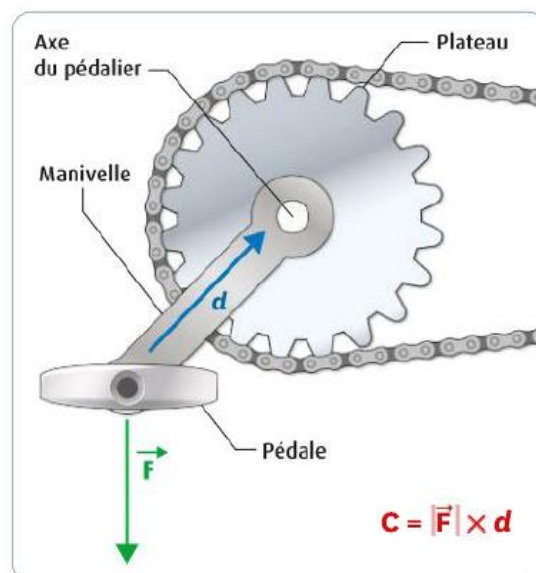


**DOC 1** Plateau et pignon arrière sur un vélo de course.



**DOC 2** Commande de vitesse sur un vélo.

Un vélo dispose de deux commandes : l'une pour le plateau, l'autre pour le pignon. Plus le numéro de vitesse est grand, plus le nombre de dents du pignon sélectionné est élevé et plus le nombre de dents du plateau sélectionné est faible.



**DOC 3** La relation entre une force  $\vec{F}$  et un couple  $C$ .  $|\vec{F}|$  est la norme du vecteur, c'est-à-dire la valeur de la force.

## QUESTIONS

1. Si l'on suppose que la fréquence de pédalage est de 90 tours par minutes et que le diamètre d'une roue est 675 mm, avec  $N = 50$  et  $n = 14$ , quelle est la vitesse de rotation de la roue de vélo? Quelle est la vitesse du vélo? On exprimera cette dernière en m/s et en km/h.
2. Le cycliste change de pignon et passe à  $N = 50$ ,  $n = 28$ , mais conserve sa fréquence de pédalage. Calculez les nouvelles vitesses de rotation de la roue et du vélo.
3. Le cycliste change de plateau et passe à  $N = 34$ ,  $n = 28$ , mais conserve sa fréquence de pédalage. Calculez les nouvelles vitesses de rotation de la roue et du vélo.
4. Construisez un tableau où vous montrerez comment évoluent la vitesse de rotation des roues et la vitesse du vélo: quand on sélectionne un chiffre plus grand sur la commande de plateau; quand on sélectionne un chiffre plus grand sur le commande de pignon.
5. On suppose maintenant le cycliste fournit une puissance musculaire de 200 W en maintenant sa fréquence de pédalage. Calculez le couple moyen fourni.
6. Les manivelles de pédalier font 175 mm. Calculez la force appliquée moyenne sur les pédales.
7. Le cycliste fournit la même puissance, mais pédale à raison de 45 tours par minute. Calculez le couple fourni et la force moyenne appliquée sur les pédales.
8. **Pour aller plus loin.** Proposez un programme en Python ou une feuille de calcul de tableur représentant en fonction de  $n$  (du nombre de dents du pignon) entre 14 et 28, la vitesse du vélo dans le cas où  $N = 34$  et  $N = 50$ . Déterminez s'il y a des couples plateau/pignon permettant d'aller à la même vitesse.

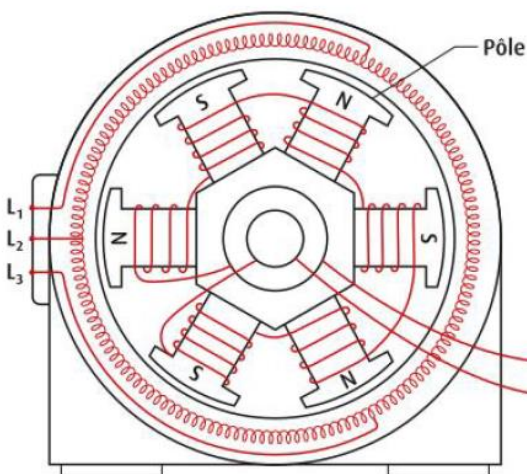
## AIDE

- Circonférence d'un cercle de diamètre  $d$ :  $\pi \times d$ .
- Une roue, et donc le vélo, avancent d'une circonférence quand la roue fait un tour.

## Exercice - Raisonner

## Un alternateur synchrone à aimants permanents

Un alternateur synchrone à aimants permanents est composé d'un bobinage fixe (stator) et d'un rotor possédant  $N$  paires de pôles. Sur le **DOC. 2**, il en possède 3, soit l'équivalent de 3 pôles Nord et 3 pôles Sud d'aimants permanents. Le courant produit dans un tel dispositif est un courant alternatif et présente  $N$  périodes d'oscillations par tour du rotor.



**DOC 2** Vue schématique en coupe d'un alternateur synchrone à aimants permanents.



**DOC 1** Stator et rotor d'un alternateur synchrone à aimants permanents.

## QUESTIONS

1. Le réseau électrique possède une fréquence de 50 Hz et l'on souhaite que cet alternateur soit synchronisé avec le réseau. Si l'alternateur tourne à 1500 tours/min, quel doit être le nombre de pôle  $N$  de l'alternateur?
2. Cet alternateur est utilisé dans une centrale qui fournit 1 GW de puissance électrique. En supposant que le rendement est de 98 %, quel couple doit apporter la turbine qui met le rotor en rotation?

## AIDE

- À partir du nombre de tours par minutes, calculez la fréquence de rotation en Hz.
- Calculez la puissance mécanique requise puis exprimez-la en fonction du couple et de la pulsation de rotation.

## Exercice - Graphique

### Rendement d'une éolienne

Les documents ci-dessous fournissent les caractéristiques de l'éolienne E70/2300 de la marque Enercon. Par ailleurs, la loi de Betz donne la puissance maximale récupérable  $P_{\max}$  en fonction de la surface  $S$  balayée par les pales et de la vitesse  $V$  du vent :

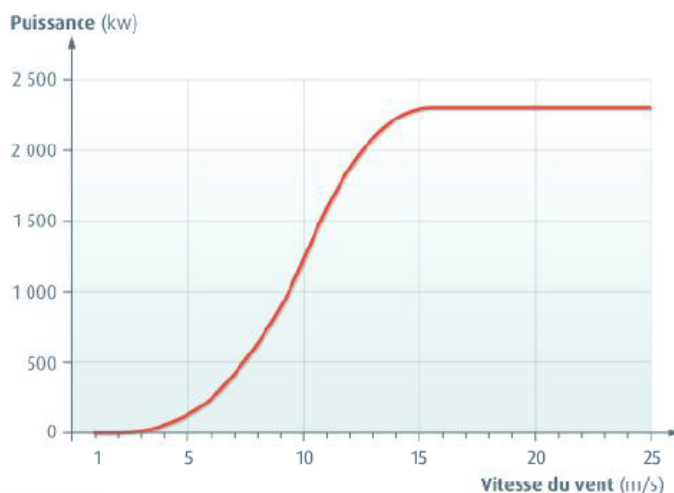
$$P_{\max} = 0,37 \times S \times V^3$$

**DOC 1 Les dimensions de l'éolienne.** Sa hauteur est de 57 mètres. Ses pales ont un rayon de 35,5 mètres.



| Vitesse du vent (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | Puissance (en kW)   | Puissance maximale (en kW) |
|------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| 5                                                    | 127                 | .....                      |
| 10                                                   | 1223                | .....                      |
| 15                                                   | 2300                | .....                      |
| 20                                                   | 2300                | .....                      |
| > 34,5                                               | Arrêt de l'éolienne | .....                      |

**DOC 2 Puissance de l'éolienne.** La puissance correspond à la puissance effectivement fournie. La puissance maximale est calculée par la loi de Betz.



**DOC 3 Évolution de la puissance de l'éolienne en fonction de la vitesse du vent.**

#### QUESTIONS

- Rappelez dans le système international les unités de  $S$  et de  $V$ . En déduire l'unité du coefficient 0,37 qui intervient dans la loi de Betz.
- Calculez  $S$  pour l'éolienne considérée (DOC. 1).
- Formulez une hypothèse pour expliquer l'arrêt de l'éolienne pour des vents supérieurs à  $34,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (DOC. 2).
- À partir des données du graphique (DOC. 3) et de l'énoncé, recopiez et complétez le tableau du DOC. 2. Ajoutez une colonne pour calculer le rendement de l'éolienne pour chacune de ces vitesses de vent.
- Représentez graphiquement le rendement de l'éolienne en fonction de la vitesse du vent.
- À quelle vitesse de vent le rendement est-il le plus élevé?