

LES EOLIENNES – L'ENERGIE DU VENT

© Association danoise de l'industrie éolienne

Regardons vers le soleil. Il y a environ 4,5 milliards d'années, un nuage d'atomes en provenance de l'espace commença de se contracter. La température se mit à augmenter jusqu'à ce que les noyaux atomiques fusionnent et créent des noyaux plus lourds - et de l'énergie. Le soleil en fut le résultat.

La Terre et les autres planètes furent créées par de la matière se mouvant tellement vite qu'elle arriva à échapper à l'attraction de la matière formant le soleil. Aujourd'hui, des milliards d'années plus tard, nous pouvons regarder vers le soleil depuis la Terre et recevoir ses rayons.

EXERCICE 1. La distance moyenne entre la Terre et le soleil est de $1,4960 \cdot 10^{11}$ m. La vitesse de la lumière est de $2,9979 \cdot 10^8$ m/s. Calculez en secondes le temps qu'il faut à la lumière du soleil pour atteindre la Terre.

L'ENERGIE NE DISPARAIT PAS L'ENERGIE PEUT ETRE CONVERTIE

Les rayons du soleil sont la source de toute vie sur Terre. Les rayons fournissent de l'énergie aux plantes vertes qui sont à la base des chaînes alimentaires, sur terre comme en mer.

Un principe fondamental dans ce contexte est que l'énergie ne peut ni être créée, ni être détruite. On parle du principe de conservation de l'énergie. Par contre, l'énergie peut être convertie d'une forme en une autre. La plupart de l'énergie contenue dans les rayons solaires pénétrant l'atmosphère de la Terre est convertie en chaleur.

Qu'une partie de l'énergie des rayons solaires soit convertie en

énergie éolienne n'est peut-être pas très évident, mais c'est bien le cas : les rayons solaires engendrent des températures différentes dans les différentes régions du monde, ce qui produit des expansions ou des contractions de l'air. Là où il fait chaud, l'air se détend ; là où il fait froid, l'air se contracte. Les expansions de l'air créent des dépressions barométriques, alors que les contractions créent des anticyclones. Les différences de pression sont nivelées par les mouvements de l'air : le vent. Environ 1 à 2 % de l'énergie du soleil est convertie en énergie éolienne.

L'énergie se mesure en joule (J). Si, par exemple, des rayons du soleil créent une énergie de 100 J, et que seulement 1 J de cette énergie est convertie en énergie éolienne, 99 J seront convertis en une autre forme d'énergie selon le principe de conservation de l'énergie. Cette autre forme sera normalement l'énergie thermique.

Dans le langage courant, l'énergie thermique est appelée chaleur. Mais pour les physiciens, la chaleur est de l'énergie thermique transférée d'un endroit à un autre.

Le vent est constitué de molécules d'air en mouvement. Cette énergie en mouvement est également appelée énergie cinétique. L'énergie éolienne est donc l'énergie cinétique des molécules de l'air.

EXERCICE 2. L'énergie nucléaire (se libérant lors de la fusion des noyaux atomiques), l'énergie des rayons solaires, l'énergie thermique, l'énergie éolienne et l'énergie cinétique sont toutes expliquées ci-dessus. Donnez des exemples d'autres formes d'énergie. Comment utilisons-nous

différentes formes d'énergie dans notre vie quotidienne ? Dans le langage courant, nous disons que l'énergie est «utilisée», mais en réalité elle est convertie d'une forme en une autre.

EXERCICE 3. Donnez des exemples de conversions énergétiques. Utilisez éventuellement certains des résultats de l'exercice antérieure.

DE L'ENERGIE EOLIENNE A L'ENERGIE ELECTRIQUE

Une éolienne convertit l'énergie du vent en énergie électrique. Vous pouvez apprendre plus sur les tours, rotors, nacelles, multiplicateurs et générateurs sur le site Internet <http://www.windpower.org> dans la Visite guidée ou dans Les Aventures de Moulinot.

EXERCICE 4. Ecrivez une demi-page sur chacun des composants d'une éolienne. Quelle est par exemple la hauteur maximale d'une tour ?

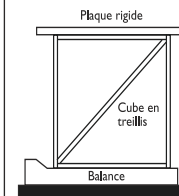
EXERCICE 5. Schématisez une éolienne raccordée au réseau électrique et expliquez le processus de conversion de l'énergie éolienne en énergie électrique en notant sur le dessin les différentes formes d'énergie. On parle par exemple d'énergie de rotation. A quels composants de l'éolienne cette énergie est-elle liée ?

EXERCICE 6. Trouvez une vieille dynamo de bicyclette. Demandez à votre professeur de la démonter et discutez les différents composants et leur fonctionnement. En fait, la dynamo est une génératrice.

TESTEZ LA SOLIDITE DE LA TOUR

La tour doit être suffisamment solide pour supporter non seulement la nacelle et le rotor, mais aussi les charges puissantes provoquées par le vent : d'une part la puissance exercée par le vent directement sur la tour, d'autre part la puissance transmise par le rotor.

Nous pouvons apprendre beaucoup sur les charges exercées sur une vraie tour en faisant des expériences avec une tour en papier. Pour déterminer la solidité, l'industrie utilise souvent ce que l'on appelle des tests destructifs où la charge sur les composants est augmentée jusqu'à leur rupture.



1) Construisez un cube en treillis comme décrit dans les instructions de construction. Placez le

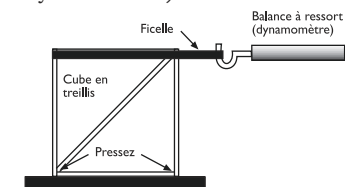
cube sur une balance avec une plaque rigide au-dessus. Mettez vos paumes sur la plaque placée au-dessus du cube et augmentez la pression. Notez le poids pour lequel le cube en treillis commence à se rompre.

Notre cube en treillis a commencé à se rompre pour un poids de ____ kg

Ce résultat est-il comparable à la charge exercée sur une vraie tour d'éolienne ?

2) Construisez un nouveau cube en treillis. Placez le cube sur une surface solide. Deux personnes devront presser les coins inférieurs contre la surface, alors qu'une troisième personne placera une ficelle avec un nœud coulant autour des coins supérieurs. Tirez

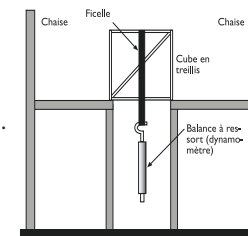
horizontalement sur la ficelle avec une balance à ressort (ou un dynamomètre).



Notre cube en treillis a commencé à se rompre pour un poids de ____ kg

Ce résultat est-il comparable à la charge exercée sur une vraie tour d'éolienne ?

3) Construisez encore un cube en treillis. Posez les deux côtés extrêmes du cube sur deux chaises, par



exemple, et placez une ficelle avec un nœud coulant autour du cube. Tirez maintenant lentement sur la ficelle avec une balance à ressort.

Notre cube en treillis a commencé à se rompre pour un poids de ____ kg

Ce résultat est-il comparable à la charge exercée sur une vraie tour d'éolienne ?

Quels sont les points les plus forts et les plus faibles du cube en treillis ? Comment se fait-il que les constructions en treillis soient tellement solides alors que les barres individuelles sont faibles ?

Vous trouverez l'explication sur <http://www.windpower.org/fr/tour/wtrb/tower.htm>

LE ROTOR

Au cours des années, les éoliennes ont beaucoup grandi en taille. Plus la surface balayée par le rotor est grande, plus il est possible de récolter de l'énergie des molécules d'air. L'énergie disponible à une éolienne est proportionnelle à la surface balayée par son rotor.



Un rotor balaye un disque circulaire au cours d'une rotation et peut donc récolter l'énergie des molécules d'air traversant ce disque. La surface A d'un disque circulaire est égale à :

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (\frac{1}{2}d)^2$$

où r est le rayon du disque circulaire, d est le diamètre et π est pi (= 3,1415...)

A titre d'exemple, prenons une éolienne avec un diamètre de rotor de 90 m pour calculer la surface balayée :

$$A = \pi \cdot (\frac{1}{2}d)^2 = \pi \cdot (\frac{1}{2} \cdot 90\text{m})^2 = 6362\text{m}^2$$

Une surface presque égale à celle d'un terrain de football !

EXERCISE 7. Calculez la surface balayée par des rotors de 30 m et de 60 m. Un diamètre de rotor de 60 m est deux fois plus grand que celui de 30 m. Combien de fois la surface balayée est-elle supérieure ? Combien de pour cent d'un terrain de football normal (65 m de large, 102 m de long) couvriront ces deux surfaces ?

EOLIENNES A ROTATION RAPIDE OU A ROTATION LENTE

Pour une éolienne, un facteur important est le rapport entre la vitesse de rotation à l'extrémité des pales et la vitesse du vent. On dit qu'une éolienne est à rotation lente si la vitesse de rotation en extrémité de pale correspond approximativement à la

L'EFFET DE PARC

Cette expérience doit être effectuée à l'extérieur par vents modérés (et temps sec !).

On trouve des parcs éoliens tant sur terre que en mer. Une éolienne freine le vent en récoltant son énergie. C'est pourquoi, dans un parc éolien, on cherche à espacer les éoliennes avec, au minimum, 5 à 9 diamètres dans la direction dominante du vent, et 3 à 5 diamètres de rotor dans la direction perpendiculaire à celle-ci. Mettez une éolienne devant un ventilateur. Essayez de placer une autre éolienne à différents endroits derrière la première. Les pales tournent-elles moins vite lorsque vous diminuez l'espace entre les deux éoliennes ?

EXERCICE. Quels sont les avantages et les inconvénients liés à l'établissement de parcs éoliens par rapport à des éoliennes individuelles. Vous pouvez lire plus sur la disposition des éoliennes sur <http://www.windpower.org>

vitesse du vent. La roue à vent, connue des westerns américains, tourne lentement. Si la vitesse de rotation en extrémité de pale est supérieure de plusieurs fois à la vitesse du vent, on parle d'une éolienne à rotation rapide. La vitesse en extrémité de pale des moulins à vent néerlandais et des moulins à voiles méditerranéens est environ 4 fois plus grande que la vitesse du vent. Les éoliennes modernes sont également à rotation rapide, avec des vitesses en extrémité de pale de 8 à 10 fois supérieures à la vitesse du vent.

L'ingénieur anglais John Smeaton (1724-1792) découvrit un nombre de règles fondamentales valables pour toute éolienne entraînant une charge

constante. La première règle de Smeaton est que la vitesse de rotation en extrémité de pale est (presque) proportionnelle à la vitesse du vent. Autrement dit, la vitesse en extrémité de pale est (presque) un chiffre constant multiplié par la vitesse du vent, à condition que l'éolienne entraîne une charge constante. La plupart des éoliennes modernes qui produisent du courant alternatif ont cependant une vitesse de rotation constante. Ceci est dû au fait que la génératrice est réglée sur la fréquence du réseau électrique.

Si les éoliennes ne sont pas en mesure de tourner à une vitesse infiniment rapide, c'est à cause de la friction dans les paliers et du décrochage aérodynamique des pales. Vous pouvez lire plus sur le décrochage aérodynamique sur <http://www.windpower.org/fr/tour/wtrb/stall.htm>.

Si vous connaissez le diamètre du rotor d et donc le rayon de celui-ci $r = 0,5d$ ainsi que le temps T d'une rotation, vous êtes en mesure de calculer la vitesse en extrémité de pale comme

$$v_t = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

La vitesse est définie comme la distance divisée par le temps. La formule montre donc que l'extrémité d'une pale parcourt une circonférence de cercle $2\pi r$ dans un temps de rotation T .

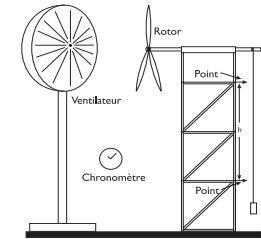
EXERCICE 8. Calculez la distance que parcourt en une rotation une extrémité de pale d'une éolienne avec un diamètre de rotor de 90 m.

Comparons avec un manège de chevaux de bois. Peut-être avez-vous remarqué que plus on s'éloigne du centre, plus la vitesse augmente. Il en est de même d'une éolienne. A vitesse de rotation constante, la vitesse en extrémité de pale augmente avec

la taille du rotor. Par contre, pour atteindre une vitesse donnée en extrémité de pale, un grand rotor aura une vitesse de rotation par minute inférieure à celle d'un petit rotor.

TESTEZ LA VITESSE EN EXTREMITÉ DE PALE

Nous allons maintenant tester s'il est vrai que la vitesse de rotation d'un grand rotor est inférieure à celle d'un petit, lorsque l'éolienne n'entraîne pas de charge. Cette expérience requiert une éolienne sur laquelle il est possible de monter deux rotors de même type mais de différents diamètres. De plus, vous aurez besoin d'un ventilateur et de deux rotors rigides de différents diamètres (voir les instructions de construction). Les autres matériaux sont mentionnés ci-dessous. Le ventilateur doit être maintenu fixe par rapport aux rotors.



le diamètre de l'arbre d_{arbre} en utilisant un pied à coulisse, par exemple. Calculez la circonférence de l'arbre comme $2 \cdot \pi \cdot r_{\text{arbre}}$ où $r_{\text{arbre}} = \frac{1}{2}d_{\text{arbre}}$. Mesurez la distance h entre les deux points de repère. Le nombre de rotations peut être calculé comme

$$n = \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{arbre}}}$$

Notez que n n'est pas nécessairement un nombre entier. Si le temps pour hisser le bouchon entre les deux points de repère est t , le temps de rotation T peut être calculé comme

$$T = \frac{t}{n}$$

Vous pouvez maintenant trouver la vitesse en extrémité de pale en mesurant le diamètre de rotor d . Faites ceci pour le petit ainsi que pour le grand rotor. Avez-vous trouvé la même vitesse ?

EXERCICE. Les grandes éoliennes font moins de rotations par minute que les petites du même type lorsque les éoliennes n'entraînent pas de charge. Expliquez ce phénomène selon la première règle fondamentale de Smeaton.

Trouvez deux points de repère évidents sur l'éolienne, ou placez sur celle-ci des baguettes ou autocollants. Attachez une ficelle à l'arbre. Fixez à l'autre extrémité de la ficelle un bouchon de liège ou un autre objet léger. Par prudence, arrêtez le rotor lorsque le bouchon atteint l'arbre. Utilisez un chronomètre pour enregistrer combien de temps cela prend à l'éolienne pour hisser le bouchon entre les deux points de repère.

Petit rotor : La montée du bouchon a pris _____ s.

Grand rotor : La montée du bouchon a pris _____ s.

Le grand rotor a-t-il tourné plus lentement que le petit ?

EXERCICE. Trouvez la vitesse en extrémité de pale : Mesurez le

LA PUISSANCE

Vous avez peut-être entendu dire que la taille d'une éolienne est de 750 kW ou de 1,2 MW, par exemple, tout comme vous pouvez acheter des ampoules de 40 W ou 60 W dans un supermarché. W est l'abréviation de l'unité watt qui est utilisée pour mesurer la puissance électrique.

La puissance est une mesure de la vitesse de conversion ou de transfert de l'énergie. Une ampoule de 60 W convertit l'énergie électrique du réseau en énergie lumineuse et chaleur deux fois plus vite qu'une ampoule de 30 W. Le rapport entre énergie, puissance et temps s'exprime comme :

$$\text{énergie} = \text{puissance} \cdot \text{temps}$$

JOULE ET WATT

Si l'énergie est mesurée en joule, J, et la puissance en watt, W, le temps doit être mesuré en secondes, s, selon la formule énergie = puissance · temps. En 60 s, une ampoule de 30 W convertit de l'énergie correspondant à :

$$\text{énergie} = \text{puissance} \cdot \text{temps} = 30 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} = 1800 \text{ J}$$

Notez que $W \cdot s = J$. Dans le même laps de temps, une ampoule de 60 W convertit deux fois plus d'énergie :

$$\text{énergie} = 60 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} = 3600 \text{ J}$$

EXERCICE 9. Calculez en joule l'énergie convertie par une ampoule de 60 W allumée pendant 2 heures. Calculez ensuite le temps que cela prend à une ampoule de 60 W pour convertir une énergie de 9000 J.

KILO ET MEGA

Les nombres avec beaucoup de chiffres ne sont pas très pratiques. C'est la raison pour laquelle on utilise, en connexion avec watt, des abréviations comme k et M (kW et MW). Les deux abréviations, k et M, signifient kilo et méga et correspondent à mille et un million, respectivement :

$$\begin{aligned} \text{kilo: } k &= 1000 = 10^3 \\ \text{mega: } M &= 1000000 = 10^6 \end{aligned}$$

Une éolienne de 750 kW est donc une éolienne de 750000 W, tout comme une éolienne de 1,2 MW correspond à une éolienne de 1200000 W. Ces nombres indiquent la puissance maximale qu'une éolienne donnée pourra fournir au réseau électrique - et donc aux consommateurs d'électricité.

Sachant cela, vous êtes également en mesure de comprendre l'unité kWh figurant sur la facture d'électricité. Lorsque votre compteur électrique montre que 1 kWh d'énergie a été utilisée, cela peut indiquer que vous avez converti une puissance de 1 kW au cours d'une heure, ou bien une puissance de 0,5 kW au cours de 2 heures. Le *h* est l'abréviation d'heure. Savant qu'une heure est égale à $60 \cdot 60 \text{ s} = 3.600 \text{ s}$, nous pouvons calculer à quoi correspond 1 kWh en J :

$$1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kWh est donc } 3,6 \text{ MJ.}$$

LE MULTIPLICATEUR

La plupart des éoliennes modernes sont construites de façon à tourner avec une vitesse de rotation idéale et constante. Cette vitesse est déterminée par la même sorte de tests comme ceux décrits ci-dessus. Mais, en général, la génératrice d'une éolienne exige une vitesse de rotation bien plus élevée, typiquement de 25 tours par seconde. Un multiplicateur est donc placé entre le rotor et la génératrice.

Une vitesse de rotation plus élevée ne mène-t-elle pas à une plus grande quantité d'énergie ou puissance ? Non, le principe de conservation de l'énergie s'applique également ici. Au contraire, une partie de l'énergie sera transmise au milieu ambiant - les composants du multiplicateur frottent les uns contre les autres, et une partie de l'énergie de rotation est donc convertie en énergie thermique dans les composants du multiplicateur et les paliers. Evidemment, le but est de convertir en énergie électrique une aussi grande partie de l'énergie que possible, et donc de réduire à un minimum l'énergie thermique dans les paliers et les composants du multiplicateur.

SOULEVEMENT DE POIDS LOURDS

Le multiplicateur n'augmente pas la quantité d'énergie que l'éolienne peut récolter du vent. Mais un multiplicateur peut permettre de soulever des poids lourds. Soulever des poids plus lourds requiert évidemment plus d'énergie. Cependant, l'énergie du vent - et donc la puissance de l'éolienne - n'ont pas été augmentées. Le multiplicateur prolonge le temps que cela prend pour soulever le poids, vu que la formule :

$$\text{énergie} = \text{puissance} \cdot \text{temps}$$

reste valable - si l'énergie augmente et que la puissance reste la même, le temps doit forcément augmenter aussi.

Comparez les poids que votre éolienne est en mesure de soulever avec et sans multiplicateur. Essayez aussi la méthode décrite dans les instructions de construction (Construisez un multiplicateur, sous 8).

ENERGIE POTENTIELLE

L'énergie contenue dans un poids soulevé au-dessus du sol est appelée énergie potentielle.

Dans le cas d'une éolienne hissant un poids, celle-ci convertit une partie de l'énergie éolienne en énergie potentielle dans le poids.

L'énergie potentielle se définit comme $m \cdot g \cdot h$ où m est la masse du poids, h est la distance de soulèvement du poids, et g est la constante connue comme accélération de la pesanteur qui varie un peu selon la localité sur la Terre.

La définition $m \cdot g \cdot h$ est facile à comprendre. L'énergie potentielle est proportionnelle à la masse m : Si la masse est doublée, l'énergie est aussi doublée. L'énergie potentielle est également proportionnelle à la distance h qu'a été hissé le poids : Si cette distance est doublée, l'énergie potentielle est donc également doublée.

ACCELERATION DE LA PESANTEUR

La valeur de g varie entre 9,78 m/s² et 9,83 m/s² dépendant de la latitude. Vous trouverez les valeurs dans un livre de sciences physiques ou une encyclopédie. Notez que l'unité m/s² correspond à l'unité N/kg

La valeur de l'accélération de la pesanteur : $g = \text{_____} \text{ m/s}^2$

EXEMPLE. Au Danemark, l'accélération de la pesanteur est $g = 9,82 \text{ m/s}^2$. Si une masse $m = 0,200 \text{ kg}$ est hissée $h = 0,20 \text{ m}$, vous aurez :

$$\begin{aligned} \text{énergie} &= m \cdot g \cdot h = \\ &0,200 \text{ kg} \cdot 9,82 \text{ m/s}^2 \cdot 0,2 \text{ m} = \\ &0,3928 \text{ J} \approx 0,39 \text{ J} \end{aligned}$$

MESURE DE LA PUISSANCE D'UN ROTOR

Comparons différents rotors selon la puissance que ceux-ci sont susceptibles de fournir. L'éolienne fournit au poids une énergie potentielle de $m \cdot g \cdot h$. Utilisez un chronomètre pour déterminer le temps. Vous pouvez maintenant calculer la puissance en utilisant la formule générale énergie = puissance · temps, ou bien :

$$\text{puissance} = \frac{\text{énergie}}{\text{temps}}$$

Essayez de deviner par avance lequel des rotors fournira la plus grande puissance.

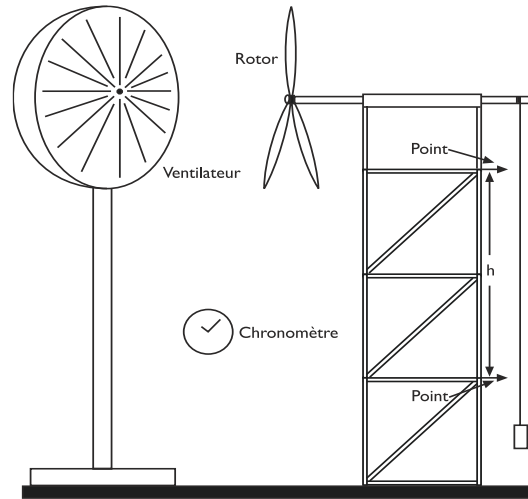
Le réglage du ventilateur doit évidemment rester le même durant les tests des différents rotors. Il est inutile de mesurer la vitesse du vent vu qu'un ventilateur produit trop de turbulence, c.-à-d. de petits coups de vent aléatoires.

MATERIAUX

Eolienne. Ventilateur. Chronomètre. Balance. Ficelle. Un ou plusieurs poids pour créer une charge - de préférence un poids léger et un poids lourd. Deux ou plusieurs rotors différents. Eventuellement deux baguettes ou autocollants.

L'EXPERIENCE

Commencez par faire la mise en place comme illustré. Le positionnement du ventilateur doit rester le même au cours de l'ensemble des tests pour assurer que les conditions sont les mêmes pour chaque rotor. Trouvez deux points de repère évidents sur l'éolienne, ou placez sur celle-ci des baguettes ou autocollants. Les points de repère seront utilisés pour déterminer la



distance h et le temps de montée.

Choisissez un poids et placez-le sur la balance pour déterminer sa masse : $m = \text{---}$ kg.

Mesurez la distance entre les deux points de repère : $h = \text{---}$ m. Trouvez l'énergie en J transférée au poids en multipliant les valeurs de m (en kg), h (en m) et g (en m/s^2) : énergie = $m \cdot g \cdot h = \text{---}$ J.

Il ne reste plus qu'à chronométrer le temps que cela prend au poids pour monter la distance h . Commencez le chronométrage lorsque le poids dépasse le premier point de repère, et arrêtez-le lorsque il dépasse le dernier point de repère.

Par prudence, arrêtez le rotor lorsque le poids atteint l'arbre du rotor pour ne pas risquer de blesser quelqu'un.

Le résultat du chronométrage : temps = --- s. Si vous voulez, vous pouvez répéter le chronométrage pour déterminer une moyenne.

Trouvez la puissance de l'éolienne, mesurée en W, en introduisant dans la formule suivante l'énergie en J et le temps en s :

$$\text{puissance} = \frac{\text{énergie}}{\text{temps}} = \text{---} \text{ W}$$

EXERCICE. Quelle puissance obtiendrez-vous si vous avez les valeurs suivantes : $g = 9,82 \text{ m/s}^2$, $m = 0,250 \text{ kg}$, $h = 0,18 \text{ m}$ et temps = 17 s ? Réponse : puissance = 0,026 W.

DISCUSSION

Avez-vous réussi à deviner quel rotor fournit la plus grande puissance ? Essayez d'expliquer pourquoi la puissance produite varie d'un rotor à un autre. En fait, vous auriez pu avoir raison, que vous ayez supposé le grand ou le petit rotor ! Nous expliquerons pourquoi dans la section « La puissance maximale ».

Vous devez répéter le test plusieurs fois avec différents poids pour obtenir une base de comparaison correcte des différents rotors. Choisissez un poids très différent de celui de tout à l'heure et répétez l'expérience. Lisez-en plus dans la section « La puissance maximale »

LA PUISSANCE MAXIMALE

Si le poids est trop lourd, l'éolienne n'arrivera pas à le hisser et ne transférera aucune puissance au poids. Inversement, sans aucun poids, l'éolienne ne produira pas de puissance non plus. Entre ces deux extrêmes, l'éolienne doit avoir une production de puissance maximale.

Nous allons maintenant essayer de trouver la charge à laquelle l'éolienne produira sa puissance maximale.

Si vous variez la masse du poids m tout en mesurant la puissance comme dans l'expérience « Mesure de la puissance d'un rotor », vous pourriez déterminer la production de puissance maximale. Tracez la masse du poids m dans un système de coordonnées, indiquant la masse du poids sur l'axe des x et la production de puissance sur l'axe des y . Reliez les coordonnées en traçant une courbe. Lisez la puissance maximale et la masse correspondante. Une telle courbe est ce que l'on appelle une courbe caractéristique masse/puissance pour une éolienne donnée.

Réalisez éventuellement l'expérience avec différents rotors et comparez ensuite les courbes.

Smeaton a également effectué de telles expériences.

EXERCICE. Selon Smeaton, la puissance maximale produite par une éolienne est proportionnelle à la surface balayée par son rotor. Si nous avons deux rotors du même type où la surface balayée par l'un est deux fois plus grande que celle balayée par l'autre, nous nous attendrions à ce que la production de puissance maximale du premier rotor soit également le double de celle de l'autre.

Testez deux rotors de même type, mais avec différents diamètres de rotor. Déterminez la puissance maximale de chaque rotor. Calculez le rapport entre les deux puissances (divisez l'une des valeurs par l'autre). Mesurez les diamètres des deux rotors et calculez le rapport entre les surfaces correspondantes (divisez l'une des valeurs par l'autre). Les deux rapports sont-ils identiques, comme trouvé par Smeaton ?