

«Aujourd'hui pour demain» LES EOLIENNES

Une démarche active pour
comprendre les principes
physiques mis en jeu dans le
fonctionnement des éoliennes

Public cible : les jeunes de 10 à 14 ans



HYPOTHÈSE asbl
www.hypothese.be





Maison liégeoise de l'Environnement
Rue Fusch, 3 - 4000 Liège

Tél. : 04.250 95 89
www.hypothese.be
contact@hypothese.be

Cette brochure est réalisée par l'asbl Hypothèse
Avec le soutien de la DGO4 - SPW

Janvier 2012

Auteurs : Sabine Daro - Serge Nanson - Caroline Villeval
Conseillers : Claire Balthazart - Francis Schoebrechts
Graphisme et schémas : Serge Nanson

Crédits photos : Sabine Daro, Alain Grignet, Serge Nanson, Hans Hillewaert, Patrick Charpiat, Jean-Luc Cavey, Georg Slickers, Guillom.

Table des matières

Introduction	5
Statuts de l'expérience	6
Le matériel	8
Canevas d'exploitation pour l'enseignant	10
Activités préalables	11
1. Analyse de l'utilisation de l'énergie dans la classe	11
2. Le coût de l'énergie électrique	13
3. Les sources d'énergie utilisées	13
Phase de sensibilisation	14
Introduction des activités	15
Activité 1 : Qu'est-ce que le vent ?	16
Activité 2 : Le vent peut mettre un objet en mouvement - Expérience action	18
Conseils pratiques afin de réaliser des relevés de mesures précis et fiables	23
Utilisation du multimètre	24
Activités 3 : Et les éoliennes ... - Expériences à suivre	26
Activité 3.1 : La vitesse du vent	27
Activité 3.2 : Le nombre de pales	28
Activité 3.3 : La longueur des pales	29
Activité 3.4 : L'inclinaison des pales	30
Activité 4 : Le mouvement peut produire de l'électricité - Expérience à suivre	36
Activités 5 : Le multiplicateur	38
Activité préalable	38
La vitesse de rotation - Expérience action	39
L'importance du choix des engrenages - Expérience à concevoir	39
Tester les performances de l'éolienne en modifiant le système d'engrenages - Expérience à suivre	40
Point méthodologique : Différence entre modèle et réalité	42
Puissance produite par une éolienne	44
Activité 6 : Structuration	45
Activité 7 : Partie citoyenne	46
Energie - Puissance - Unités de mesure	49
Pour en savoir plus	50
Bibliographie	50





Hans Hillewaert

Lieu de la prise de vue : 51° 32' 43.8 N, 2° 55' 47.46 E

© Hans Hillewaert / CC-BY-SA-3.0

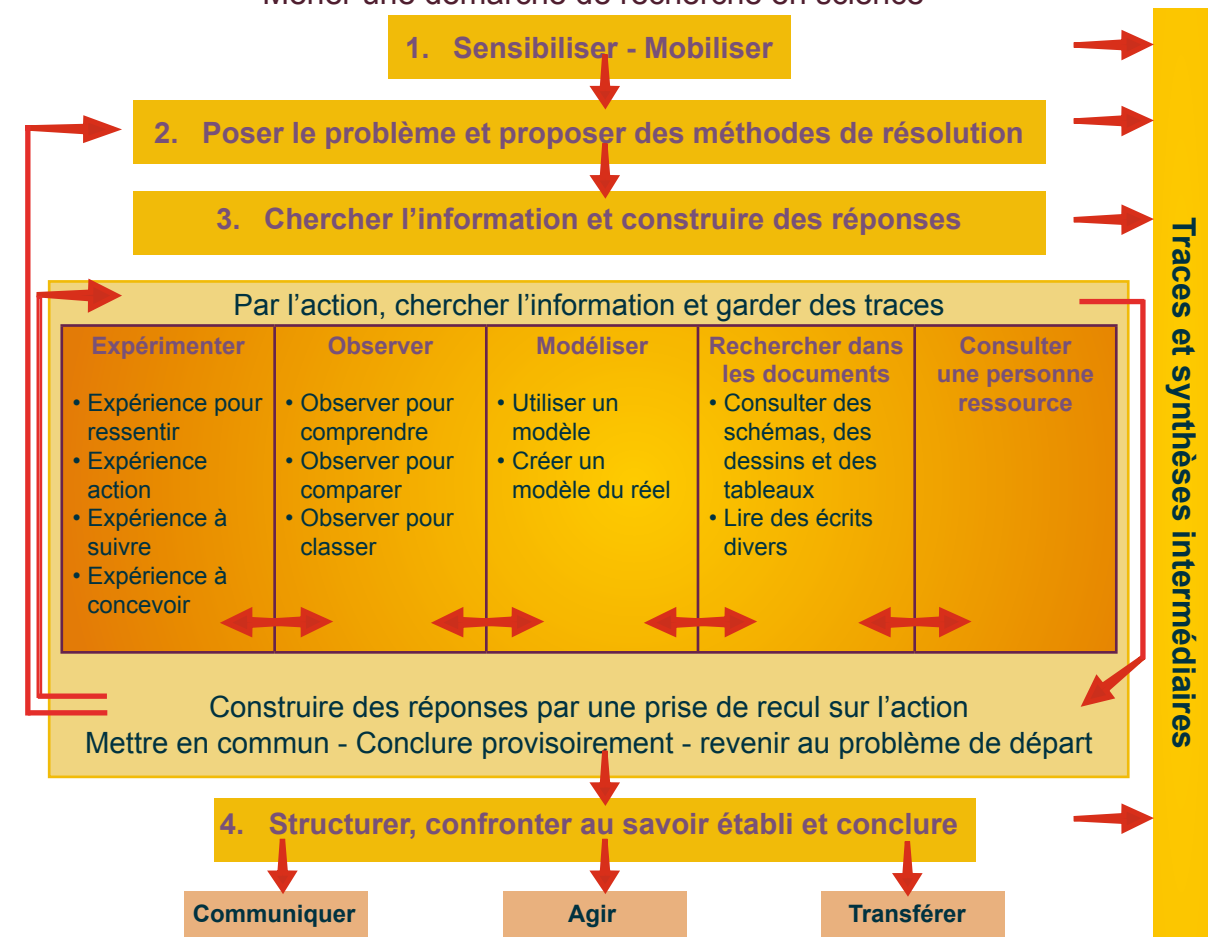
Introduction

Souvent la connaissance qu'ont les enfants des éoliennes reste superficielle.
«C'est un objet qui fonctionne grâce au vent.», «C'est beau !», «C'est comme un grand ventilateur.» ...

Certains enfants sont au courant que des personnes ne sont pas d'accord que l'on installe des éoliennes près de chez elles. Mais ils ne savent pas toujours très bien pourquoi. Peu expliquent comment elles fonctionnent et ce qu'il se passe à l'intérieur. Quelques enfants savent qu'elles produisent de l'électricité grâce à la force du vent, et que c'est de l'énergie renouvelable.

Dans la séquence d'activités décrite ici, nous retrouvons la démarche proposée par l'association «Hypothèse asbl» une approche liée à une démarche d'investigation reposant entre autre sur la mise en pratique de différents statuts de l'expérience (*voir description de la page suivante*).

La démarche d'investigation définie par «Hypothèse» :
Mener une démarche de recherche en science



En plus des activités de découvertes techniques et scientifiques, le sujet traité est mis en relation avec une approche citoyenne (*activité 7*). Les réflexions, faisant suite aux débats organisés par l'enseignant, vont consolider le sens donné aux savoirs issus du travail lors des moments d'expérimentations.

Statuts de l'expérience

Lorsque des expériences sont proposées dans des séquences d'apprentissage, elles n'ont pas toujours la même fonction, la même place. Le tableau ci-dessous décrit différentes manières d'envisager une activité expérimentale. Selon le statut occupé par l'expérience, les apprentissages développés chez les enfants vont varier. Ces expériences sont présentées selon une gradation progressive qui permet un ancrage plus efficace des notions apprises. Les activités proposées dans cette séquence ont été testées en sixième primaire et au premier degré du secondaire. Tout au long de la séquence, nous indiquons les activités spécifiques selon la tranche d'âge des élèves. Nous partons toutefois du principe que les activités expérimentales peuvent être proposées à l'un ou l'autre niveau. Plus que l'action elle-même, c'est le niveau de formulation de la structuration de l'activité vécue qu'il faudra adapter.

	Statut de l'expérience	Rôle
1	Expérience de sensibilisation	Provoquer la motivation de la classe. Poser une nouvelle question.
2	Expérience pour ressentir	Permettre la perception par le corps des phénomènes abordés.
3	Expérience action pour « comprendre comment ça marche »	Se familiariser avec un concept en commençant par une approche informelle.
4	Expérience à suivre réalisée par l'élève	Faire découvrir une loi ou illustrer un phénomène physique. Le protocole est donné.
5	Expérience à concevoir	Permettre à l'élève d'élaborer une démarche expérimentale pour vérifier une hypothèse. La réflexion précède l'action.

Le tableau suivant permet d'associer chacune des expériences de la brochure à sa méthodologie spécifique. La brochure complète est téléchargeable sur le site www.hypothese.be

	1	2	3	4	5	
	Expérience de sensibilisation	Expérience pour ressentir	Expérience action	Expérience à suivre	Expérience à concevoir	Pages
Séquences d'activités sur l'air	✗	✗	✗	✗		15
Le vent peut mettre un objet en mouvement			✗			18
Et les éoliennes ...				✗		26
Le mouvement peut produire de l'électricité				✗		36
Le multiplicateur			✗	✗	✗	38



Prétest



Expérience
pour
ressentir



Expérience
action



Expérience à
suivre



Expérience
à concevoir

Le matériel

Il se compose de malles, que l'on peut se procurer, sur simple demande, à l'asbl Hypothèse (contact@hypothese.be).

Chaque kit « éolienne » comporte : 1 malle et 3 ventilateurs

Chaque malle contient le matériel suivant :

3 kits éoliennes contenant chacun :

- 1 pied relié à 2 fiches pour poser l'éolienne
- le support de l'éolienne (avec ses deux engrenages > avec une toute petite vis à ne pas perdre !!!)
- 1 voltmètre analogique
- 1 module avec hélice
- 1 module avec buzzer
- 1 module avec led
- 1 série de 3 angles 10°, 20° et 30°
- 1 câble de connexion noire
- 1 câble de connexion rouge

Dans le petit sachet :

- 1 jeu de 6 pales avec 6 tiges en plastique noire permettant l'allongement du diamètre de l'éolienne
- 1 jeu de 2 engrenages (avec une toute petite vis à ne pas perdre !!!)
- 1 clé de serrage hexagonale pour les engrenages
- 3 anémomètres
- 1 multimètre numérique
- 3 indicateurs de puissance

3 pieds statifs :

- 3 pieds
- 3 tiges (avec écrous)
- 3 noix
- 3 pinces

1 boîte à outils contenant :

- 3 câbles électriques (noir - 100 cm) avec fiches bananes
- 3 câbles électriques (rouge - 100 cm) avec fiches bananes
- 6 câbles pinces crocodiles (44 cm)
- 3 douilles à vis sur bakélite (**attention d'enlever les ampoules avant de fermer la boîte à outil**)
- 3 ampoules à incandescence (3,8 V)
- 3 éléments pour agrandir les pales
- 1 alternateur de démonstration
- 1 boîte de jeux d'engrenages contenant 3 sachets contenant chacun :
 - 8 supports : 2 grands, 2 moyens, 4 petits
 - 14 engrenages : 2 grands, 4 moyens, 8 petits
 - 6 pièces pour superposer les engrenages
- 3 allonges électriques
- 1 multiprise
- 3 supports pour les ventilateurs
- 1 chemise en plastique contenant les modes d'emploi :
 - de l'éolienne en anglais
 - de l'anémomètre
 - du multimètre numérique
 - du voltmètre analogique

Matériel supplémentaire à prévoir :

- Un grand plastique ou nappe à placer sous le matériel afin de ne rien égarer lors des manipulations
- Des lampes de poches à manivelle (facultatif)
- Objets divers pour l'activité 2 (le vent peut mettre un objet en mouvement) : papier, plumes, balles de ping-pong, ballons de baudruche, ficelle, chariots, barques, piques à brochette, tuteurs, morceaux de tissus divers, plaques de frigolite, bouteilles en plastique, pailles, bobines, axes...



canevas d'exploitation pour l'enseignant

Séquence proposée (8 à 10 périodes)

Phase de sensibilisation

Séquence d'activités sur l'air
1 période

Qu'est-ce que le vent ?
Activité 1

- Débat
 - Travail de recherche
 - Mesure de la vitesse du vent
- 1 période

Le vent peut mettre un objet en mouvement
Activité 2

Expérience action
1 à 2 périodes

Et les éoliennes ...
Activités 3
Le mouvement peut produire de l'électricité
Activité 4
Le multiplicateur
Activités 5

- 4 groupes - 6 périodes
Expériences :
- action
 - à suivre
 - à concevoir

Groupe 1	Activité 3.1 La vitesse du vent	2 périodes consécutives	Activité 3.3 La longueur des pales	2 périodes consécutives	Activité 4 Le mouvement peut produire de l'électricité	1 période	Activités 5 Le multiplicateur	1 période
Groupe 2	Activité 3.2 Le nombre de pales	2 périodes consécutives	Activité 3.4 L'inclinaison des pales	2 périodes consécutives	Activités 5 Le multiplicateur	1 période	Activité 4 Le mouvement peut produire de l'électricité	1 période
Groupe 3	Activité 4 Le mouvement peut produire de l'électricité	1 période	Activités 5 Le multiplicateur	1 période	Activité 3.1 La vitesse du vent	2 périodes consécutives	Activité 3.3 La longueur des pales	1 période
Groupe 4	Activités 5 Le multiplicateur	1 période	Activité 4 Le mouvement peut produire de l'électricité	1 période	Activité 3.2 Le nombre de pales	2 périodes consécutives	Activité 3.4 L'inclinaison des pales	1 période

Analyse - Interprétation et présentation des résultats (chaque groupe ne réalisant pas les mêmes activités)

Structuration des apprentissages
1 période

Activités préalables

1. Analyse de l'utilisation de l'énergie dans la classe

A. Mise en situation - ressentir la dépense d'énergie

Faire faire aux élèves des exercices physiques afin qu'il ressentent la dépense d'énergie (la fatigue). Celle-ci est proportionnelle à l'intensité de l'exercice réalisé.

B. Exercices physiques

1. Faire 3 flexions avec les jambes : placer sur une échelle de 1 à 10 la dépense estimée d'énergie
2. Marcher lentement dans la classe : idem
3. Faire 15 flexions avec les jambes : idem
4. Tourner les yeux de gauche à droite : idem
5. Rester assis : idem

C. Discussion avec la classe

Aboutir à faire passer aux élèves le message que **dès qu'il y a mouvement, action, il y a dépense d'énergie**. Plus le mouvement est intense plus l'énergie consommée est importante. (voir informations ci-dessous)

Poser la question : Comment le corps fait-il pour se procurer de l'énergie ? Où la trouve-t-il ? Dans la nourriture (quand on a faim, est-on capable de courir 1 km ?).

Remarque - le point 5 - rester assis. Certains élèves vont probablement dire qu'on ne dépense pas d'énergie en restant assis puisqu'on ne bouge pas et vont peut être critiquer l'échelle de dépenses puisqu'elle ne débute pas à 0. Dans ce cas, les faire imaginer qu'ils restent assis jusqu'à une heure avancée de la journée, et leur demander s'ils ne vont pas ressentir la sensation de faim. Or, s'ils ne dépensent pas d'énergie, ils n'ont pas besoin de manger.

Les dépenses d'énergie en fonction des activités réalisées. L'unité utilisée pour exprimer l'énergie est le kilojoule (kJ) qui peut être transformé en kcal *	
1 heure de sommeil	= 270 kJ
1 heure assis au repos	= 420 kJ
1 heure de marche lente (4,2 km/h)	= 835 kJ
1 heure de marche rapide (6 km/h)	= 1255 kJ
1 heure de course (8,5 km/h)	= 2385 kJ
1 heure de montée d'escaliers	= 4600 kJ

Le joule (symbole : J) est l'unité utilisée pour quantifier l'énergie. Le joule étant une unité très petite, on utilise plutôt les kilojoules (kJ) en nutrition. Cette mesure est de plus en plus utilisée au côté des calories (cal) et tend graduellement à les remplacer. 1 kJ vaut 239 cal et 1 cal vaut 4,18 joules.

D. Dans la classe, quels sont les objets qui utilisent de l'énergie ?

Observation des différents endroits de la classe et relevé des appareils consommateurs.
Exemples : néon, lampe de bureau, radio, bouilloire, horloge, radiateurs, téléphone, jeux à piles ...

Pourquoi ces appareils utilisent-ils de l'énergie ? - réaliser un classement

- Produire de la lumière : néon, lampe de bureau
- Produire du son : radio, téléphone, jeux
- Produire du mouvement : horloge, jeux
- Produire de la chaleur : radiateur, bouilloire

E. Quel type d'énergie utilisent ces appareils ?

Pour réaliser toutes nos activités, nous mangeons et trouvons dans la nourriture l'énergie (sous forme chimique) dont nous avons besoin.

Ces appareils, de quoi ont-ils besoin pour produire de la lumière, du son, des mouvements, du chauffage ?

- De l'électricité pour les lampes, la radio, le téléphone, le chauffage, ...
- Du mazout ou du gaz pour le chauffage

F. Que consomment ces appareils ?

Nous, pour courir pendant une heure, il nous faut 2385 kJ, soit un peu plus de 100 g de chocolat (2252 kJ pour 100 g).

La puissance c'est-à-dire la quantité d'énergie par seconde dont a besoin un appareil pour fonctionner ne s'exprime pas en grammes de chocolat par seconde ou par heure mais en Watts.*

Une bouilloire qui a besoin de 850 Watts pour fonctionner et qui chauffe pendant 1 heure consomme 850 Watts x 1 heure = 850 Watts X 3600 secondes = 3060 Kilojoules. Si elle ne fonctionne que 5 minutes ce qui est une consommation courante, elle consomme 850 Watts x 300 secondes = 255 Kilojoules. Ce qui est à peu près ce que nous consommons en 1 heure de sommeil.

G. Réaliser la comparaison de la consommation d'énergie des différents appareils de la classe

Afin d'aider les élèves à mieux se rendre compte de la relation entre consommation d'énergie et production de travail, l'enseignant peut réaliser l'activité suivante.

Prendre des ampoules de puissances différentes : 25 W, 40 W, 60 W et 100 W. Les tester et observer l'intensité de la lumière en fonction de la puissance de l'ampoule.

Variante : demander aux élèves quelle est l'ampoule qui consomme le plus ou le moins d'énergie.*

Les dépenses d'énergie varient en fonction des activités réalisées. L'unité utilisée pour exprimer l'énergie est le **kilojoule (kJ)** qui peut être transformé en kcal.

* La relation entre énergie et puissance et leurs unités respectives sont reprises à la fin de la brochure à la page 49

2. Le coût de l'énergie électrique

Le chocolat que nous consommons, nous devons l'acheter et le payer et bien... c'est la même chose pour l'énergie que consomment les appareils de la classe. Chaque mois, l'école reçoit une facture d'électricité. Mais que peut-on trouver sur celle-ci ?

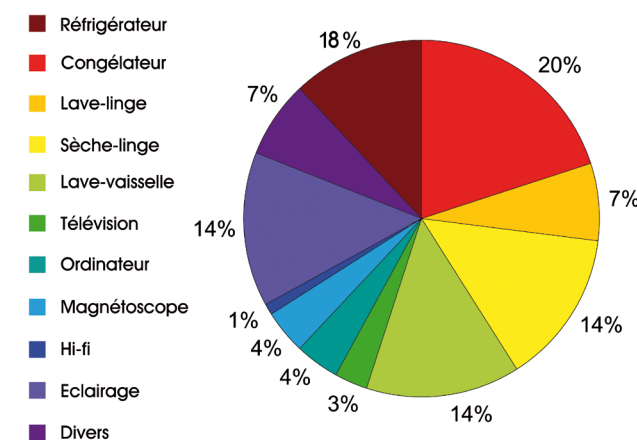
La consommation mensuelle ou annuelle d'énergie électrique en kWh, le coût au kWh +/- 0,15€ séparé en différentes parties : production et location, transport et distribution, taxes fédérales et régionales et le total à payer.

En sachant que l'utilisation de 1000 Watts pendant 1 heure coûte 0,15 €, il est possible de calculer le coût de la consommation hebdomadaire des divers appareils de la classe (ou de la maison). Pour cela, il suffit de faire un relevé de tous les appareils qui consomment de l'énergie électrique (machine à laver, tv, lave vaisselle, ampoules, chauffage électrique, ordinateur, imprimante, fer à repasser, four, chaudière, téléphone, horloge...), de noter leur puissance respective (voir étiquette) et le temps de fonctionnement hebdomadaire. Ensuite, nous pourrions calculer le coût de la consommation hebdomadaire de chaque appareil et le coût de la consommation d'énergie électrique de toute la classe (ou de tout le ménage) sur une semaine.

Il est aussi possible de comparer la consommation d'énergie électrique calculée avec la consommation réelle d'énergie électrique utilisée (pour ce faire, il suffit de réaliser un relevé du compteur électrique en début et en fin de semaine). Ces valeurs sont-elles comparables ?

Oui, pratiquement ! Alors, nous avons bien relevé tous les appareils consommateurs d'énergie électrique.

Non ! Certains appareils nous ont certainement échappé... Essayons de retrouver les appareils oubliés...



Issu de http://www.curbain.be/fr/energie/information/diminuer_conso_appareils_electriques_ELE.php

3. Les sources d'énergie utilisées

L'électricité est l'énergie qui permet de faire fonctionner les appareils. D'où vient cette électricité ?

Faire analyser des illustrations d'industries ou des documents qui relatent comment on produit de l'électricité.

Les moyens de production d'électricité : les centrales hydro-électriques, les turbo-alternateurs, les centrales nucléaires, les centrales thermiques, les turbines à gaz, les groupes électrogènes Diesel, les cellules photoélectriques (l'énergie solaire), les éoliennes, les centrales marémotrices et les génératrices magnétohydrodynamiques.



Phase de sensibilisation

Différentes « portes d'entrée » sont possibles :

- Film : «C'est pas sorcier» (avec une sélection de 10 à 15 minutes)
 - «Attention planète fragile - Les nouvelles énergies - La planète carbure au vert - Entre éoliennes, énergie solaire et pile à combustible, Fred, Jamy et Sabine nous font découvrir les énergies de demain»
- Affiche « éolienne dans ma commune : pour ou contre »
- Texte sur le réchauffement climatique
- Travail de recherche sur les énergies
- Elaboration d'une affiche pour ou contre les éoliennes
- Importance du vent pour faire fonctionner les éoliennes
- D'autres objets qui fonctionnent grâce au vent
- Histoire : utilisation des moulins à vent.



Introduction des activités

Séquences d'activités sur l'air ¹ :

- Activité 1 : Première approche de la notion d'air (comprendre que l'air existe)
- Activité 2 : L'air est un gaz, l'air existe (comprendre que l'air existe par des manipulations libres)
- Activité 3 : Comment percevoir l'air ? (comprendre que l'air existe)
- Activité 4 : Peut-on voir l'air ? (comprendre que l'air existe)
- Activité 5 : Le freinage des objets qui tombent (mise en évidence de l'existence de l'air)
- Activité 6 : Le vol plané et les avions en papier ²
- Activité 7 : Les bulles de savon (comment emprisonner l'air dans des bulles de savon ?)

Une continuité dans la scolarité des enfants est réellement intéressante. Voir les séquences d'activités sur l'air avec les plus petits puis aborder les éoliennes avec les mêmes enfants plus grands...



Fiches d'activités accessibles sur le site :
www.hypothese.be/documents/SequencesActivitAir.pdf

¹ Les fiches d'activités peuvent être téléchargées depuis le site Web :

« www.hypothese.be/page-outilsDidactiques.html » dans la rubrique « Air »

² Document d'informations complémentaires : «Dis comment ça vole ?» peut être téléchargé depuis le site Web « www.hypothese.be/page-outilsDidactiques.html » dans la rubrique « Air » (document réalisé en partie à l'aide des écrits d'échos du stage Activités de Découvertes Techniques et Scientifiques (France) «Objets volants, jouets du vent» février 1994)

Activité 1 : Qu'est-ce que le vent ?

Des questions, des hypothèses, des réponses au cours d'un débat en classe :
Peut-on voir le vent ? D'où vient le vent ? Qu'est-ce qui produit du vent ?

Nous pouvons en voir les effets sur les objets et dans le paysage qui nous entoure. Les feuilles des arbres qui bougent lorsque l'air se déplace dans les branches. Nous pouvons en ressentir les effets sur notre corps, lorsque nous agissons les bras dans l'air. Nous pouvons produire du vent en soufflant délicatement ou énergiquement après avoir inspiré de l'air : «Le vent, c'est de l'air qui se déplace.»

Le vent peut soulever ou déplacer des objets, mettre des objets en mouvement (*voir l'activité 2*) : «Le vent exerce une force sur les objets et les corps, elle peut être légère ou forte.» «Le vent c'est le mouvement de l'air de notre atmosphère.»

Certains objets servent à en visualiser ou en mesurer les effets. Par exemple les manches à air, les anémomètres, les girouettes ou autres objets encore. A cet effet, quelques fiches techniques d'objets à construire se trouvent sur le site Web d'Hypothèse :

- <http://www.hypothese.be/documents/fichemanchesair.pdf>
- <http://www.hypothese.be/documents/fichemoulinetavent.pdf>
- <http://www.hypothese.be/documents/fichepetitcerfvolant.pdf>
- <http://www.hypothese.be/documents/ficheMontgolfiere.pdf>
- <http://www.hypothese.be/documents/defiballon.htm>

La température de l'air peut varier et ainsi produire du vent. Placée au-dessus d'une source de chaleur, une spirale de papier se met en mouvement. En montant, l'air chaud moins dense laisse la place à l'air froid plus dense. Ce qui crée des déplacements d'air, donc du vent.

Sur notre planète, le vent naît suite aux différences de températures et de pressions. L'air chaud monte dans les couches élevées de l'atmosphère et y crée une zone de basse pression. Il attire alors à lui une masse d'air de haute pression. La différence de pression entre les deux masses d'air produit du vent. C'est le soleil qui est à l'origine de ce phénomène. Il chauffe les océans avec un rythme différent de celui des continents. Les continents réchauffés, chauffent à leur tour les masses d'air qui les surplombent. L'air ainsi chauffé est plus léger et s'élève, il se met en mouvement. La rotation de la Terre fait dévier les flots d'air créés dans les différentes régions que sont l'équateur et les pôles nord et sud. Les montagnes et les vallées ont également une action sur les effets du vent (*voir Wikipédia : http://fr.wikipedia.org/wiki/Vent#Origine_du_vent*).

Activité expérimentale - Première approche du matériel

Avant de travailler avec les éoliennes, il est intéressant de mesurer la vitesse du vent produite par le ventilateur sur les trois positions. L'enseignant peut proposer une expérience action à ses élèves permettant une première approche de l'utilisation de l'anémomètre. Les élèves peuvent ainsi constater l'importance de placer l'appareil de mesure dans l'axe du ventilateur et toujours à la même distance (d'où l'importance d'utiliser un pied statif pour fixer l'anémomètre).

(voir les conseils pratique dans la suite de la brochure)

L'échelle des vents de Beaufort *

Force	Vent	Vitesse en km/h	Effet du vent visible à terre	Notion de vitesse
0	Calme	Moins de 1	La fumée monte verticalement.	
1	Très légère brise	1 à 5	La fumée indique la direction du vent. Les girouettes ne s'orientent pas.	La marche à pied
2	Légère brise	6 à 11	On sent le vent sur le visage, les feuilles bougent.	La course à pied
3	Petite brise	12 à 19	Les drapeaux flottent bien. Les feuilles sont sans cesse en mouvement.	Un vélo
4	Jolie brise	20 à 28	Les poussières s'envolent, les petites branches plient.	La vitesse limite à proximité des écoles
5	Bonne brise	29 à 38	Les petits arbres balancent. Les sommets de tous les arbres sont agités.	Un lapin prend la fuite à 38 km/h
6	Vent frais	39 à 49	On entend siffler le vent. On tient difficilement son parapluie.	Une voiture en agglomération
7	Grand vent frais	50 à 61	Tous les arbres s'agitent. On éprouve du mal à marcher contre le vent.	Un cheval au galop
8	Coup de vent	62 à 74	Quelques branches cassent. Le vent empêche généralement d'avancer.	Une voiture sur les routes nationales
9	Vent violent	75 à 88	Le vent peut endommager les bâtiments.	Un lévrier
10	Tempête	89 à 102	Gros dégâts. Rares à l'intérieur des terres. Arbres déracinés.	Une antilope en vitesse de pointe
11	Violente tempête	103 à 117	Très gros dégâts.	Un guépard en course 110 km/h
12	Ouragan	Supérieur à 118	Dégâts très importants. Région dévastée. Phénomène exceptionnel.	La vitesse d'une Formule 1 peut dépasser les 300 km/h

* Sources : Wikipédia et Vents d'Houyet www.vents-houyet.be

Activité 2 : Le vent peut mettre un objet en mouvement - Expérience action



But de l'expérience

Défi expérimental permettant aux élèves de prendre conscience que le vent peut mettre un objet en mouvement.

Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5. Il faudra donc multiplier le matériel autant de fois qu'il y a de groupes.

Matériel (par groupe d'élèves)

- Une soufflerie et un cône pour orienter le vent ou sèche-cheveux à air froid + autres objets divers : papier, plumes, balles de ping-pong, ballons de baudruche, ficelle, chariots, barques, piques à brochette, tuteurs, morceaux de tissus divers, plaques de frigolite, bouteilles en plastique, pailles, bobines, axes...
- Feuilles A3 pour les schémas des élèves

Activité

Expérience action

A l'aide du vent produit par le sèche-cheveux ou la soufflerie, les élèves doivent mettre un objet en mouvement et dessiner un schéma de l'expérience réalisée sur une feuille A3.

Quels sont les paramètres qui influencent ce mouvement ? (Idées de paramètres : la surface de la voile d'un bateau, l'orientation du vent, la vitesse du vent...) Ceci pourrait faire l'objet d'une expérience à concevoir en veillant à garder identique la masse qui se déplace.

Mise en commun

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe des expériences réalisées pour répondre au défi de départ. Les élèves peuvent aussi présenter leur schéma.

Une discussion sur les schémas peut suivre cette mise en commun (*voir recul méthodologique page 21*) et une conclusion pourra dès lors être tirée.

Beaucoup d'expériences sont possibles. Il nous semble donc intéressant de partager ces différentes idées. Certaines se trouvent actuellement sur le site www.hypothese.be. Proposez-nous vos différentes expériences (illustrées de photos et/ou de schémas) et nous les publierons sur le site.



Recul théorique pour l'enseignant Vent et mouvement

Pour faire avancer la démarche, il convient de faire remarquer aux élèves que les expériences qu'ils viennent de vivre se basent sur leurs idées de départ. Il serait intéressant de savoir quelle vitesse de vent il faut, au minimum, pour mettre tel objet en mouvement ou quelle orientation est optimale pour faire bouger l'autre objet le plus rapidement possible... Il faudra donc passer à des mesures précises, à l'aide d'instruments de mesure.

Les différentes expériences proposées pourront certainement être classées en mouvement de rotation ou de translation (avec éventuellement un sous-classement en mouvement de translation horizontale ou verticale).

Le vent n'est pas le seul à pouvoir mettre un objet en mouvement, l'eau peut aussi mettre une roue en mouvement (par exemple dans un moulin) ou une hélice (dans les centrales marémotrices).

Exemples d'idées proposées par les élèves :

- La flamme d'une bougie est mise en mouvement par un souffle léger
- Le vent peut faire tourner une hélice
- Le vent peut faire avancer un voilier
- L'aile d'avion
- Le char à voile
- Deux feuilles qui se rapproche quand on souffle entre elles
- La balle de ping-pong dans un flux d'air
- ...

Prolongements possibles à l'activité 2

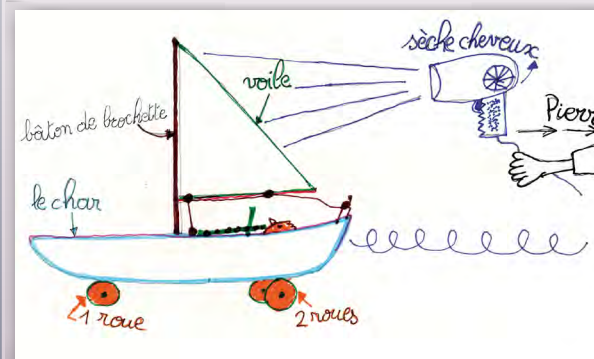
1. A partir de photos et de schémas, classer d'autres objets en fonction de l'effet du vent. (mouvement de rotation, de translation horizontale ou verticale)
2. Mener un petit débat sur le vocabulaire utilisé : hélice, pale, aile, ...



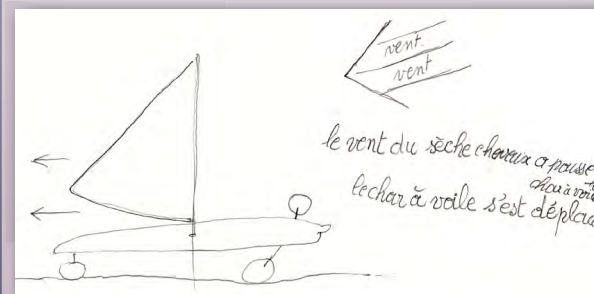
Recul méthodologique sur les schémas De la représentation spontanée au schéma conventionnel



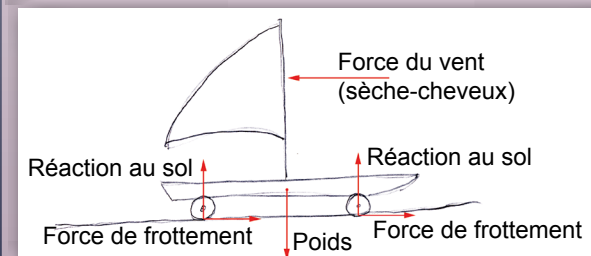
L'élève est d'abord attaché à représenter le char à voile, le sèche cheveux, le vent et les détails de l'objet.



L'apport de mots désignant le matériel, de phrases, de prénoms qui légendent les dessins est un pas important : le fait d'écrire sur le dessin en change le but et l'intention. L'élève ne fait plus « un beau dessin », il s'en sert pour expliquer quelque chose, pour comprendre lui-même aussi.



L'étape suivante du développement de l'élève est l'utilisation de flèches.



Dans ce schéma intermédiaire, les flèches ne représentent plus que les forces. Elles sont dessinées là où elles agissent.

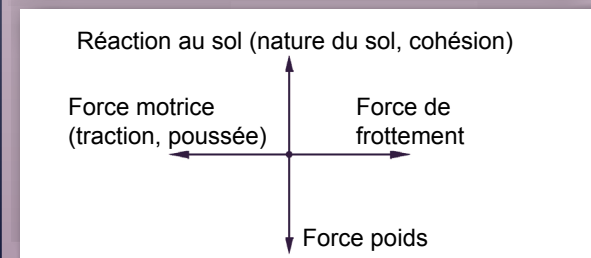
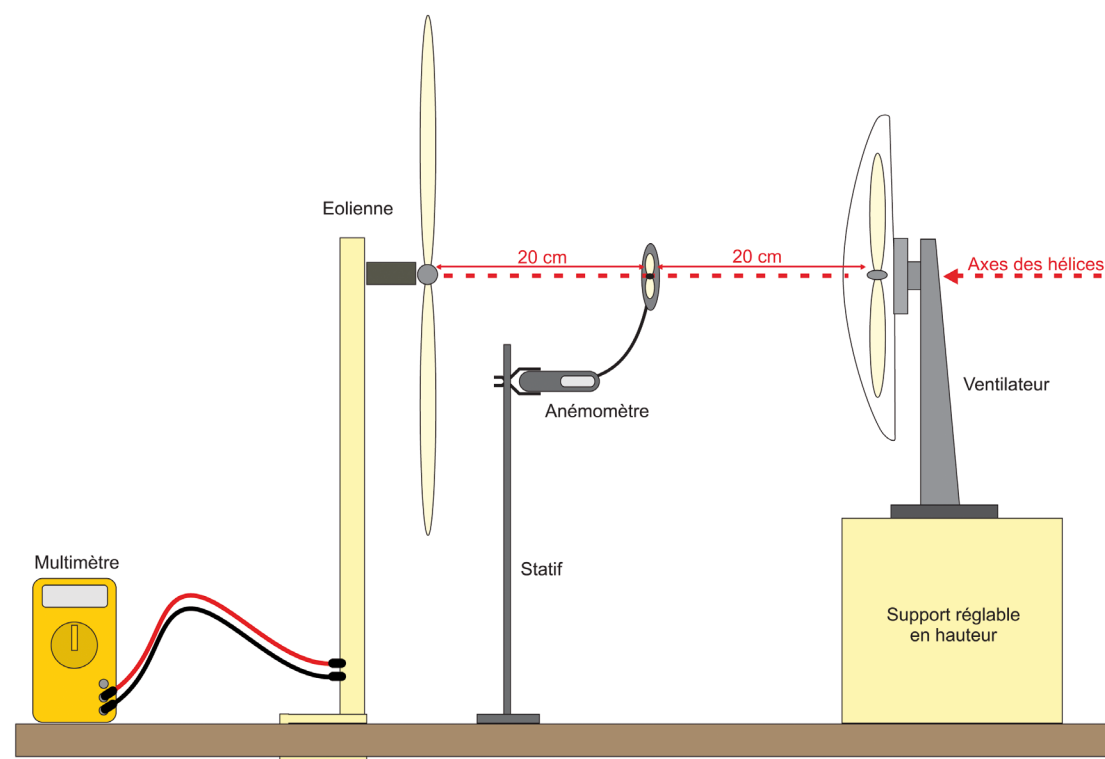
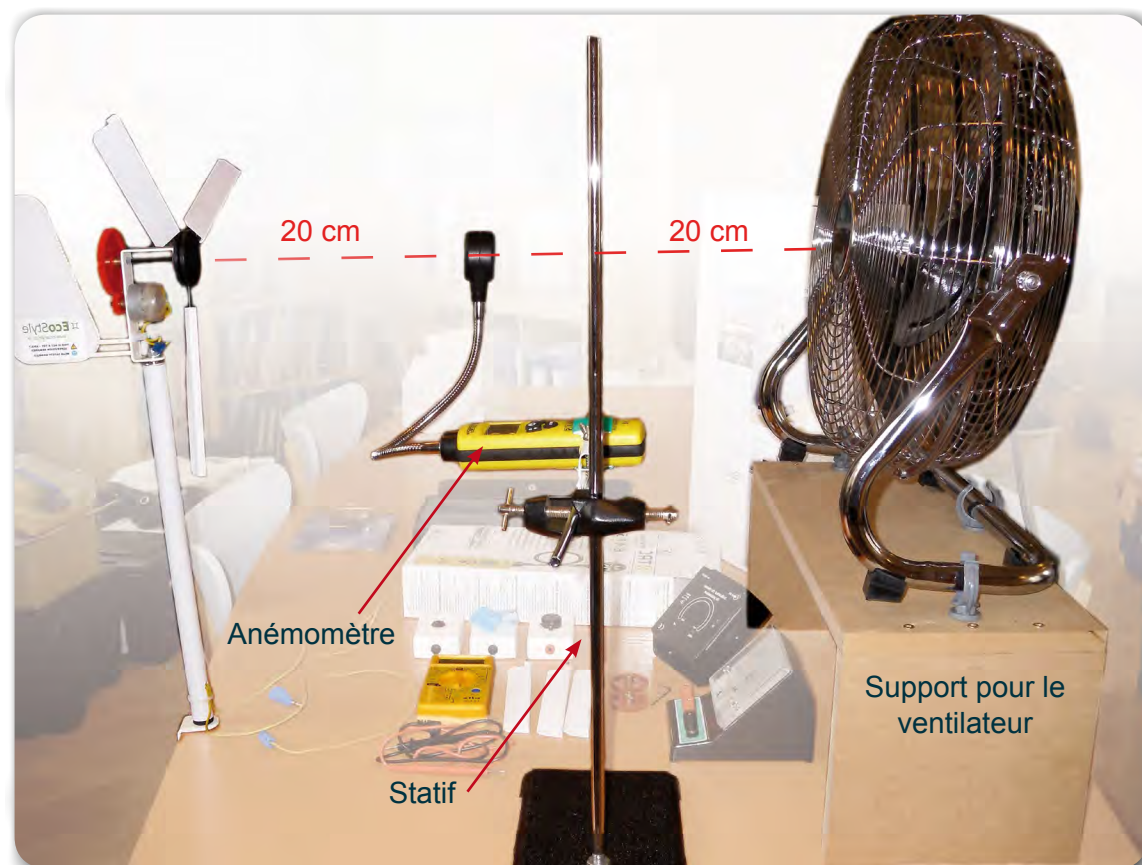


Schéma conventionnel de la représentation des forces tel que présenté dans les livres de physique : la force n'est plus représentée là où elle semble agir mais démarre d'un point d'application (ici le centre de gravité de l'objet).



Conseils pratiques afin de réaliser des relevés de mesures précis et fiables



Avant d'utiliser le matériel, il est important de le découvrir et de présenter aux élèves un rappel sur les notions de base en électricité (*voir les fiches électricité : www.hypothese.be/documents/Electricite.pdf*).

Afin de pouvoir réaliser au mieux les différentes expériences, il est impératif d'organiser les conditions de travail avec soin et application. (*matériel délicat*)

- Avant le montage des accessoires, en faire l'inventaire de façon à pouvoir restituer l'ensemble au complet et en bon état après utilisation.
- Penser à une bonne répartition des tâches de chacun.
- S'organiser pour éviter une circulation trop importante des personnes auprès de l'installation.
- Déposer tout le matériel sur un plastique ou une nappe (à prévoir) pour éviter de perdre les petits éléments.
- Dans le local, orienter tous les ventilateurs dans la même direction afin de perturber un minimum les autres expériences. Placer éventuellement des écrans protecteurs entre chaque montage.
- Installer les différents éléments à des distances précises les uns des autres (*voir schéma*).
- Ne modifier qu'un seul paramètre à la fois lors de la procédure.
- L'anémomètre sera fixé sur un pied statif (et non maintenu à la main).
- Lors des expérimentations, l'anémomètre doit se trouver entre le ventilateur et l'éolienne à égale distance (20 cm de part et d'autre) et également dans l'axe formé par le centre de l'hélice du ventilateur et le centre de l'hélice de l'éolienne.
- Réaliser le circuit électrique avec alimentation du buzzer et multimètre en série (ampèremètre) ou en parallèle (voltmètre) (*voir utilisation du multimètre : page 24*).
- Attendre +/- 2 minutes que la vitesse du vent produit par le ventilateur se stabilise avant d'effectuer les mesures.
- Pour l'orientation de pales de l'éolienne, déposer délicatement le module (pales et moteur/engrenages) la face sur la table et à l'aide d'une équerre ou d'un rapporteur «demi-cercle» orienter les pales une à une selon les degrés d'inclinaison choisis.

utilisation du multimètre

Calibre pour les tensions continues

Sélecteur de fonction et de calibre

Calibre pour les tensions alternatives *

Calibre pour les intensités

Réservé au calibre 10A *

Fonction Voltmètre / Ampèremètre / Ohmmètre

Borne pour toutes les utilisations

Calibre pour les résistances *

Petit conseil : lorsque le multimètre n'est pas utilisé, il faut penser à placer le sélecteur de fonction sur la position OFF. Le multimètre fonctionne grâce à une pile de 9 Volts qui s'userait inutilement.

* N'est pas utilisé dans les expérimentations de la brochure.

Comment brancher le multimètre pour réaliser les différentes mesures



Générateur



Buzzer *

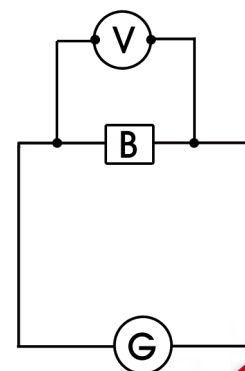


Voltmètre



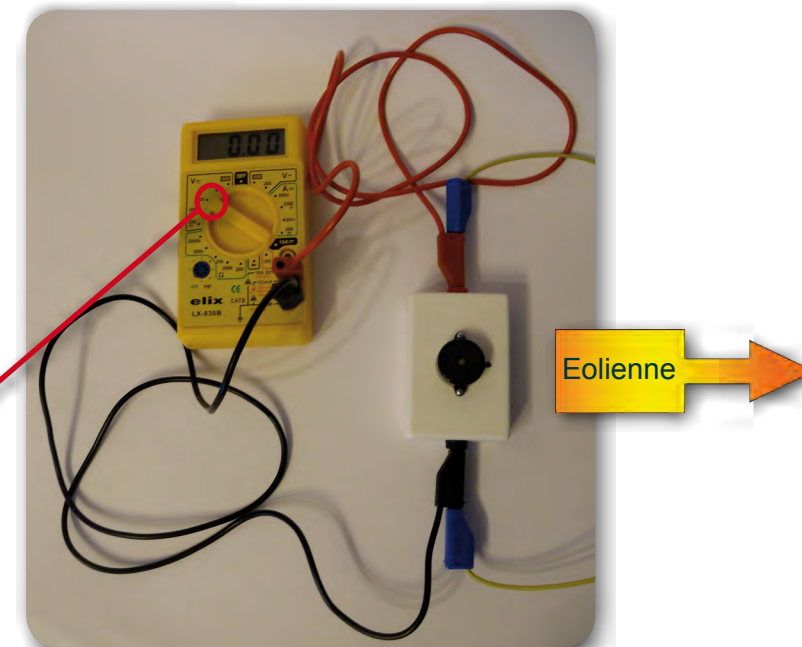
Ampèremètre

Le **voltmètre** est **branché en dérivation** entre les deux points où l'on veut mesurer la tension.

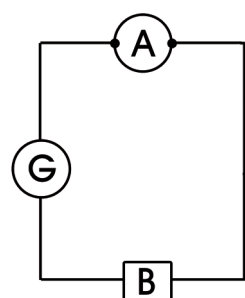


DCV
20

Mesure des volts avec 2 décimales

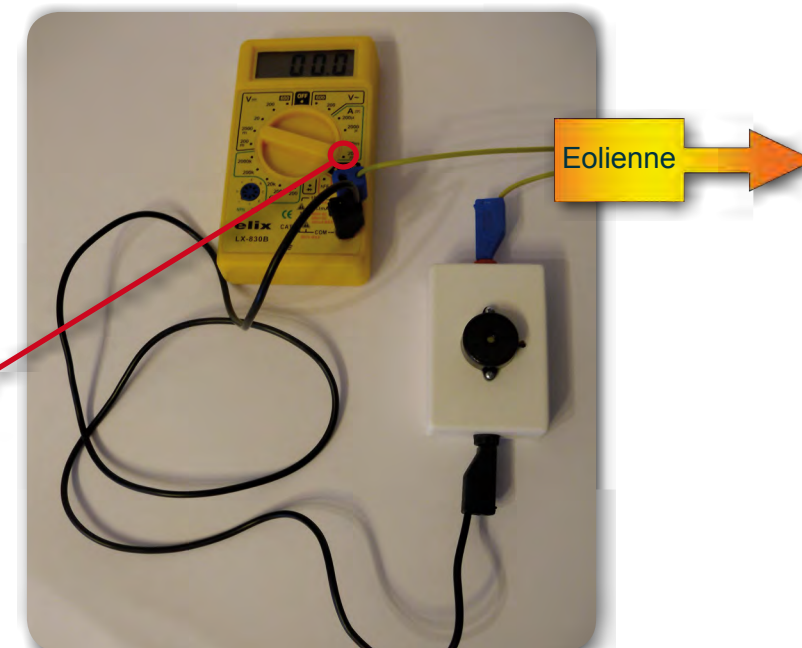


L'**ampèremètre** est **branché en série** avec le buzzer dans lesquels on veut connaître l'intensité du courant.



DCA
200m

Mesure des milliampères



* Le buzzer tout comme la diode électroluminescente ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens

Activités 3 : Et les éoliennes ... - Expériences à suivre



But de l'expérience

Dans le cas des éoliennes, c'est le mouvement de rotation qui nous intéresse. Ces expériences à suivre vont permettre aux élèves de découvrir quels sont les paramètres importants pour produire une grande puissance électrique avec une éolienne. Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5. Il faudra donc multiplier le matériel autant de fois qu'il y a de groupes.

Matériel (par groupe d'élèves)

Une éolienne dont on peut modifier différents paramètres - des pales interchangeables - un multimètre - un buzzer - des fils de connexion - soufflerie à souffle variable (un ventilateur) - un anémomètre - un pied statif - un support pour le ventilateur - en fonction des paramètres testés : une série de 3 angles 10°, 20° et 30°- trois allonges pour les pales

Activités

Activités préalables

- Présenter l'utilisation d'une lampe de poche à manivelle (le mouvement peut créer de l'électricité)
- Commencer par présenter l'éolienne avec les différents objets (led, hélice, buzzer) voir ce qui se passe lorsqu'on augmente la vitesse du vent ...



Activité 3.1 : La vitesse du vent

Paramètre testé : la vitesse du vent

- Placer l'éolienne, avec 3 pales de longueurs identiques inclinées à 30° par rapport à l'axe de l'éolienne (*voir les points : conseils pratiques et utilisation du multimètre*).
- Allumer la soufflerie (ventilateur) sur la première position. Mesurer la vitesse du vent produit. Attendre que la valeur de la vitesse soit stable et noter la valeur dans un tableau.
- Mesurer, successivement, l'intensité du courant électrique (I) en ampères et la différence de potentiel (U) en volts produites par l'éolienne et noter ces valeurs dans le tableau de mesures.
- Recommencer l'expérience avec les autres positions de la soufflerie.
- Placer tous les résultats mesurés dans le tableau de mesures.
- Calculer la puissance produite. La puissance se calcule en multipliant I par U.

Exemple de tableau à compléter : (les mesures 1, 2, 3 seront réalisées par 3 expérimentateurs différents)

Position de la soufflerie	Vitesse du vent m/s	I(A) 1	U(V) 1	P(W) 1	I(A) 2	U(V) 2	P(W) 2	I(A) 3	U(V) 3	P(W) 3	Puissance moyenne produite P(W)
1											
2											
3											

Première constatation

La vitesse du vent influence-t-elle la puissance du courant électrique produit par l'éolienne ? Possibilité éventuelle de tracer un graphique des résultats (en fonction du nombre d'expériences réalisées).

Remarque : il est possible de diminuer la vitesse du vent en éloignant la soufflerie de l'éolienne. Attention cependant à prendre toujours la mesure de la vitesse du vent à 20 cm de l'éolienne.



Activité 3.2 : Le nombre de pales

Paramètre testé : le nombre de pales

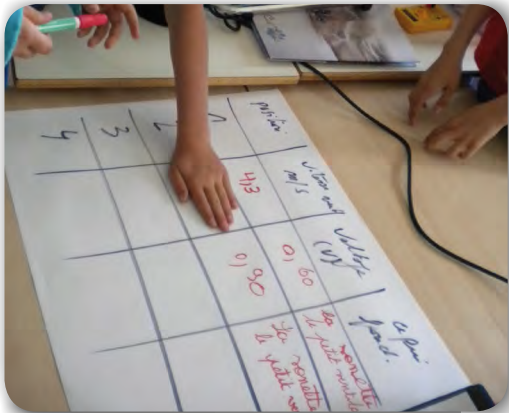
- Placer l'éolienne, avec 2 pales de longueurs identiques inclinées à 30° par rapport à l'axe de l'éolienne (*voir les points : conseils pratiques et utilisation du multimètre*).
- Placer l'anémomètre à 20 cm du ventilateur, entre celui-ci et l'éolienne.
- Positionner le ventilateur sur la position 3 (vitesse du vent 320 m/s). Attendre que la valeur de la vitesse soit stable et noter la valeur dans un tableau. Ici, le paramètre testé est le nombre de pales de l'éolienne, il est donc très important que la vitesse du vent ne varie pas ou très peu !
- Mesurer, successivement, l'intensité du courant électrique (I) en ampères et la différence de potentiel (U) en volts produites par l'éolienne et noter ces valeurs dans le tableau de mesures.
- Recommencer l'expérience avec 3 pales puis 6 pales (toujours inclinées à 30°).
- Placer tous les résultats mesurés dans le tableau de mesures.
- Calculer la puissance produite. La puissance se calcule en multipliant I par U.

Exemple de tableau à compléter :

Nombre de pales	I(A) 1	U(V) 1	P(W) 1	I(A) 2	U(V) 2	P(W) 2	I(A) 3	U(V) 3	P(W) 3	Puissance moyenne produite P(W)
2										
3										
6										

Première constatation

Le nombre de pales influence la puissance du courant électrique produit par l'éolienne. Possibilité éventuelle de tracer un graphique des résultats (en fonction du nombre d'expériences réalisées).



Activité 3.3 : La longueur des pales

Paramètre testé : la longueur des pales de l'hélice

- Mesurer les longueurs des différentes pales proposées et les noter dans un tableau.
- Placer les 3 plus petites pales sur le support de l'éolienne, inclinées à 30° par rapport au support (*voir les points : conseils pratiques et utilisation du multimètre*).
- Allumer le ventilateur sur la troisième position. Mesurer la vitesse du vent produit. Attendre que la valeur de la vitesse soit stable et noter la valeur dans un tableau. Ici le paramètre testé est la longueur des pales de l'éolienne, il est donc très important que la vitesse du vent ne varie pas ou très peu !
- Mesurer, successivement, l'intensité du courant électrique (I) en ampères et la différence de potentiel (U) en volts produites par l'éolienne et noter ces valeurs dans le tableau de mesures.
- Recommencer l'expérience avec des pales plus grandes sur le support de l'éolienne.
- Placer tous les résultats mesurés dans le tableau de mesures.
- Calculer la puissance produite. La puissance se calcule en multipliant I par U.

Exemple de tableau à compléter :

Longueur des pales	I(A) 1	U(V) 1	P(W) 1	I(A) 2	U(V) 2	P(W) 2	I(A) 3	U(V) 3	P(W) 3	Puissance moyenne produite P(W)
... cm										
... cm										

Première constatation

La longueur des pales influence la puissance du courant électrique produit par l'éolienne. Possibilité éventuelle de tracer un graphique des résultats (en fonction du nombre d'expériences réalisées).



Activité 3.4 : L'inclinaison des pales

Paramètre testé : L'inclinaison des pales de l'hélice

- Placer l'éolienne, avec 3 pales de longueurs identiques inclinées à 10° par rapport à l'axe de l'éolienne (*voir les points : conseils pratiques et utilisation du multimètre*).
- Allumer le ventilateur sur la troisième position. Mesurer la vitesse du vent produit. Attendre que la valeur de la vitesse soit stable et noter la valeur dans un tableau. Ici le paramètre testé est l'inclinaison des pales de l'éolienne, il est donc très important que la vitesse du vent ne varie pas ou très peu !
- Mesurer, successivement, l'intensité du courant électrique (I) en ampères et la différence de potentiel (U) en volts produites par l'éolienne et noter ces valeurs dans le tableau de mesures.
- Recommencer l'expérience avec des inclinaisons différentes pour les pales de l'éolienne.
- Placer tous les résultats mesurés dans le tableau de mesures (10°, 20°, 30°, 60° et 90°).
- Calculer la puissance produite. La puissance se calcule en multipliant I par U.

Exemple de tableau à compléter : (les mesures 1, 2, 3 seront réalisées par 3 expérimentateurs différents)

Inclinaison de pales	I(A) 1	U(V) 1	P(W) 1	I(A) 2	U(V) 2	P(W) 2	I(A) 3	U(V) 3	P(W) 3	Puissance moyenne produite P(W)
10°										
20°										
30°										
60°										
90°										

Première constatation

L'inclinaison des pales influence la puissance du courant électrique produit par l'éolienne. Possibilité éventuelle de tracer un graphique des résultats (en fonction du nombre d'expériences réalisées).

Mise en commun

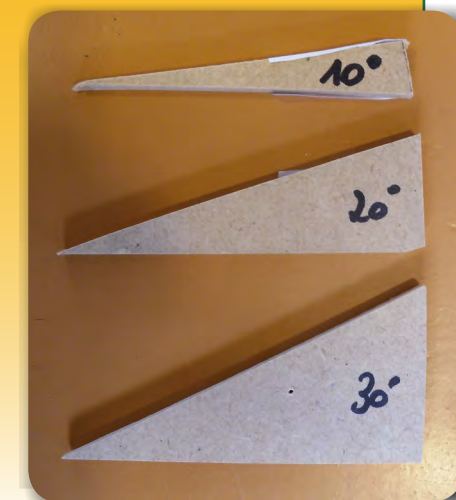
Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe des résultats obtenus par rapport au paramètre testé.

A la suite de la mise en commun de toutes les expériences, une conclusion pourra être tirée : quels paramètres influencent la puissance du courant électrique produit par l'éolienne ?

La puissance dépend des quatre paramètres testés ici.

Prolongements possibles à l'activité 3 :

- L'importance du choix du site pour placer des éoliennes :
Retour sur la première activité : mesure de la vitesse et de l'orientation du vent.
Lancement de l'activité 7 : partie citoyenne.
- Utilisation d'un abac (voir compagnons d'Eole <http://www.compagnons-eole.be>) pour comprendre l'importance de la vitesse du vent et du diamètre des pales pour obtenir une certaine puissance.



Pour les élèves plus jeunes

Il est possible de brancher l'indicateur de puissance en série avec le buzzer pour obtenir une indication sur la puissance produite par l'éolienne. Le nombre de LED allumées indique le niveau de puissance, attention, lors de certaines manipulations, une LED placée « plus loin » sur l'indicateur de niveau de puissance peut s'allumer, il ne faudra pas tenir compte de cette LED-là dans les mesures réalisées.

Recul méthodologique concernant la production et l'utilisation de graphiques

La puissance électrique fournie par une éolienne peut se calculer à partir de la différence de potentiel et de l'intensité du courant électrique produit : $P = I \times U$

Nous conseillons vivement de réserver ce type de mesures à l'aide du multimètre au premier degré de l'enseignement secondaire.

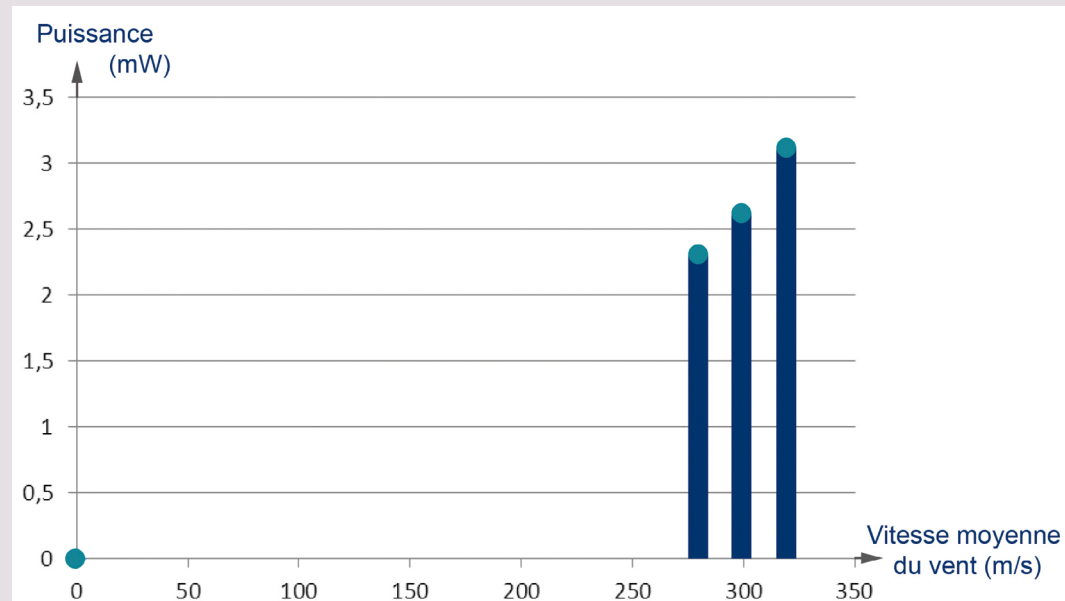
C'est pourquoi dans l'enseignement primaire, on se limitera soit à la lecture de graphiques en bâtonnets reprenant la variation de puissance du courant électrique produit en fonction de la vitesse du vent et du nombre des pales, soit à la construction de ces deux graphiques à partir des données des tableaux suivants.

Tableaux de données et graphiques

Expérience n°1 réalisée avec le montage expérimental de l'activité 3.1 ; paramètre testé : la vitesse du vent.

Tableau des mesures :

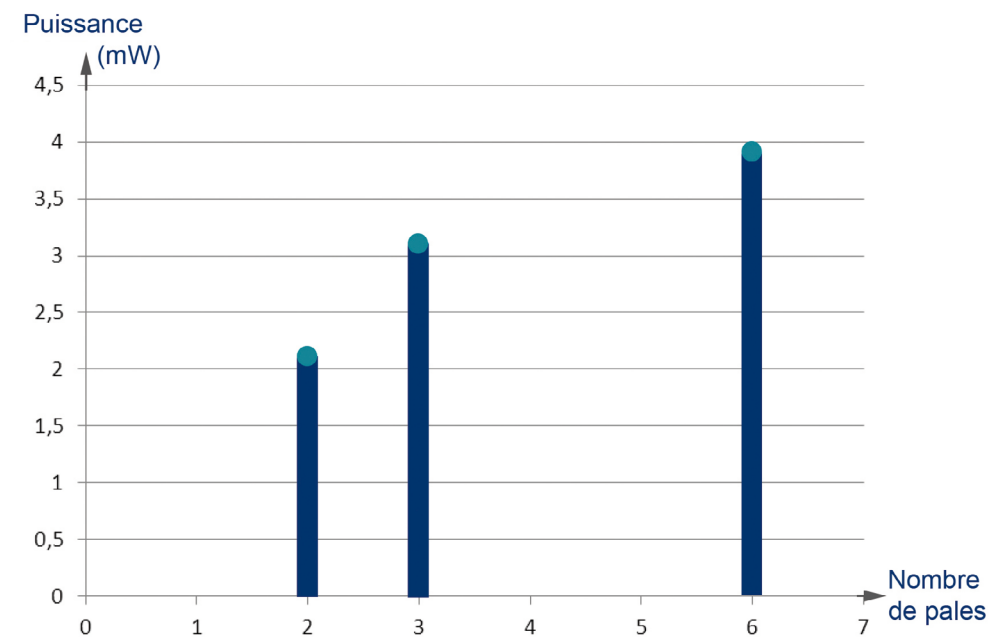
Vitesse moyenne du vent (m/s)	Différence de potentiel (Volts)	Intensité du courant électrique (mA)	Puissance calculée ($P=U \times I$) (mW)
280	1,90	1,19	2,3
300	2,10	1,31	2,6
320	2,22	1,42	3,1



Expérience n°2 réalisée avec le montage expérimental de l'activité 3.2 ; paramètre testé : le nombre de pales.

Tableau des mesures :

Nombre de pales	Différence de potentiel (Volts)	Intensité du courant électrique (mA)	Puissance calculée ($P=U \times I$) (mW)
2	2,12	1,00	2,1
3	2,22	1,42	3,1
6	2,45	1,60	3,9



Au premier degré de l'enseignement secondaire, il est possible de faire effectuer les mesures par les élèves et leur faire construire des graphiques en nuage de points afin de chercher la relation qui unit la puissance du courant produit et :

- Le nombre de pales (pour une même vitesse de vent et des pales de même inclinaison).
- La longueur des pales (pour une même vitesse de vent et des pales de même inclinaison).
- La vitesse du vent (pour un nombre de pales identique et de même inclinaison).
- L'inclinaison des pales (pour un même nombre de pales et une même vitesse de vent).

Attention cependant à bien respecter le protocole expérimental :

- Placer le ventilateur, l'anémomètre et l'éolienne de façon à ce que les 3 axes soient à la même hauteur dans le prolongement l'un de l'autre, et les appareils situés à environ 20 cm les uns des autres.
- Mesurer l'intensité du courant électrique en plaçant le multimètre en série avec le buzzer. Mesurer la différence de potentiel en parallèle sur le circuit avec le buzzer.
- Ne pas prendre en compte les expériences qui ne fourniraient pas au minimum 1 mA d'intensité de courant électrique.

Comparons nos résultats avec les informations scientifiques que l'on peut trouver dans la littérature.

Nous constatons que :

- Que la puissance du courant électrique produit augmente proportionnellement avec la vitesse du vent selon une loi qui théoriquement fait intervenir la vitesse au cube. *La masse de vent qui frappe l'éolienne est d'autant plus grande que la vitesse est élevée et l'énergie cinétique du vent est proportionnelle au carré de sa vitesse.*
- Que la puissance du courant électrique produit n'augmente plus beaucoup dès que le nombre de pales est égal à 3 et que l'éolienne tourne à vitesse suffisante. *La puissance dépend de la masse de vent qui frappe l'éolienne à chaque seconde. Celle-ci dépend de la surface des pales qui se met au travers de sa route; mais dès que l'éolienne tourne à une certaine vitesse par rapport à celle du vent, la surface interceptée chaque seconde varie peu en fonction du nombre de pales.*
- Que la puissance du courant électrique produit est maximale pour une inclinaison comprise entre 10° et 30° . *Si l'angle d'inclinaison vaut 0° , le vent frappe perpendiculairement les pales de l'éolienne. Il « rebondit » et l'éolienne ne tourne pratiquement pas.*
- A l'opposé si l'angle d'inclinaison vaut 90° , le vent passe « au travers » des pales sans les frapper, l'éolienne ne tourne pratiquement pas. *Il y a donc un compromis à trouver entre ces deux angles. Ce compromis a une valeur comprise entre 10° et 30° .*



Activité 4 : Le mouvement peut produire de l'électricité - Expérience à suivre

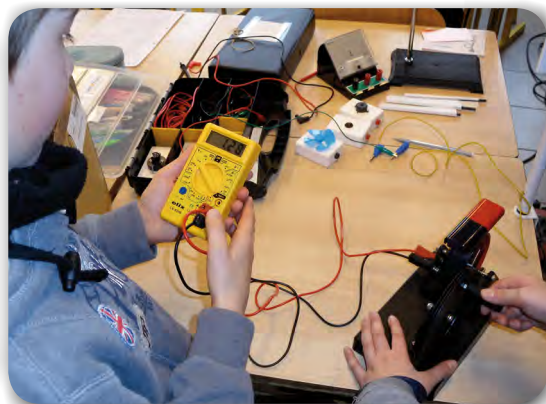


But de l'expérience

L'utilisation d'un modèle d'alternateur permet d'observer que l'énergie mécanique reçue par l'alternateur est convertie en énergie électrique : le mouvement de la bobine dans le champ magnétique de l'aimant crée un courant électrique. On peut aussi observer que la puissance augmente en même temps que la vitesse de rotation de la bobine augmente.

Matériel

- Modèle d'alternateur
- Ampoule à incandescence + douille à vis
- Multimètre
- Fiches de connections (pinces crocodiles et fiches bananes)



Consignes

- Brancher l'ampoule à incandescence aux bornes de l'alternateur
- Mettre en mouvement la bobine en tournant la manivelle
- Observer l'intensité lumineuse de l'ampoule en fonction de la vitesse de rotation de la bobine
- Renouveler l'expérience en ajoutant le multimètre au circuit électrique (voir utilisation du multimètre - page 24)
- Observer la tension ainsi obtenue en faisant varier la rotation de la bobine
- Réaliser un schéma du circuit électrique

Mise en commun

Echange à propos des observations. Faire la relation avec les éoliennes et le système d'engrenage.

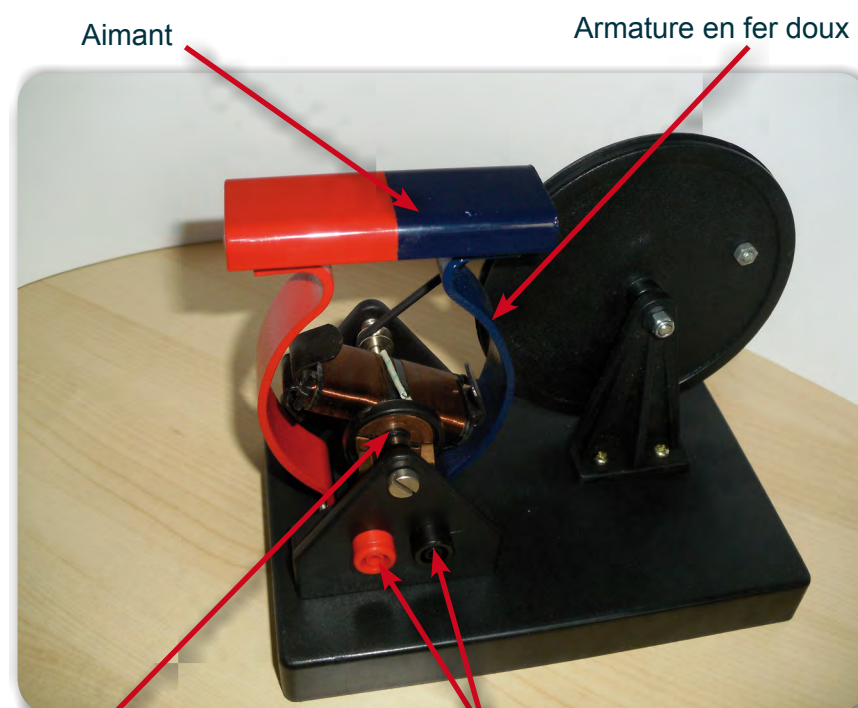


Maquette alternateur de démonstration



Manivelle permettant de mettre en rotation la bobine par l'intermédiaire d'une courroie

Bobine



Aimant

Armature en fer doux

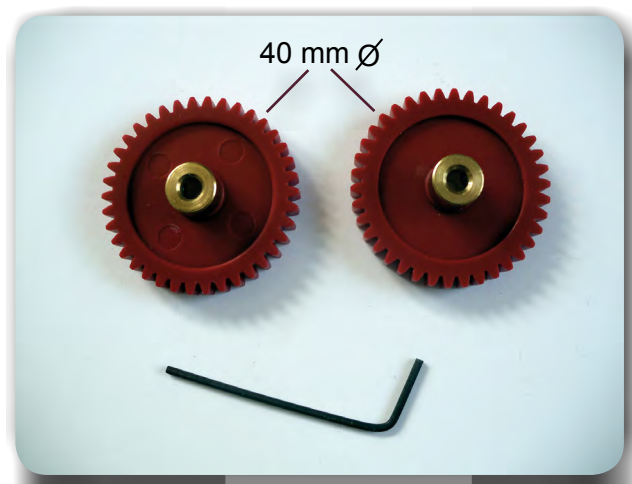
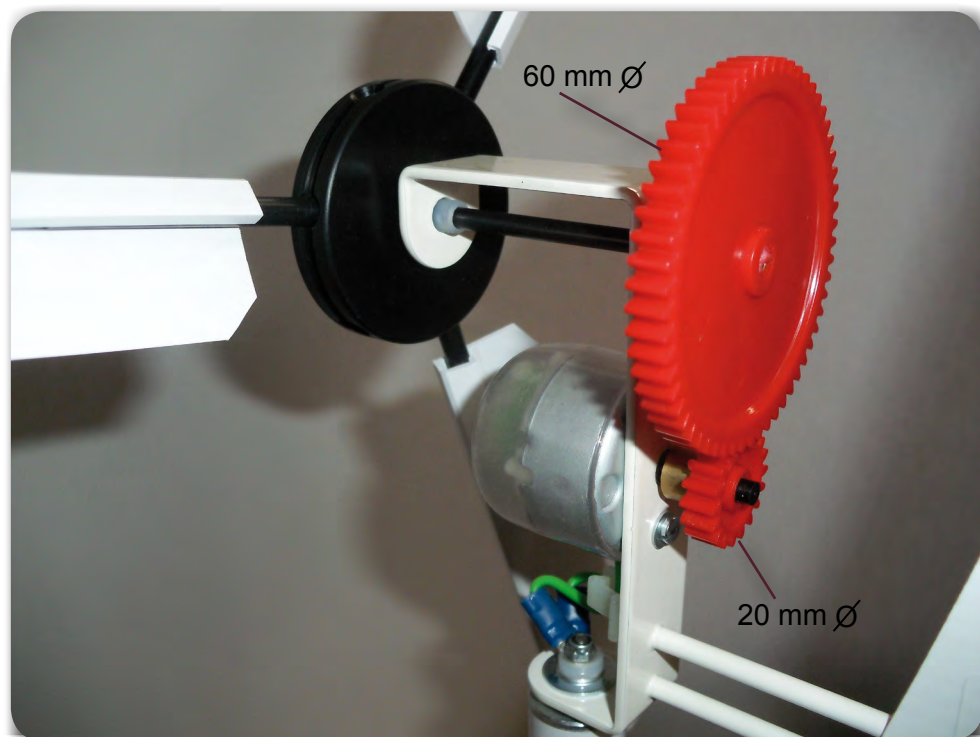
Douilles de sécurité reliées à 2 lames de cuivre qui frottent sur le collecteur

Collecteur formé de deux demi couronnes en cuivre, solidaire de la bobine, reliées chacune à une extrémité du fil qui constitue la bobine

Activités 5 : Le multiplicateur

Activité préalable

Observation de l'éolienne et de son mécanisme d'engrenages.
Le multiplicateur permet d'augmenter la vitesse de rotation du générateur.



La vitesse de rotation - Expérience action

But de l'activité

Proposer aux élèves de construire un alignement de roues dentées afin d'observer la vitesse de rotation des roues en fonction de leur taille; puis établir le rapport entre le nombre de dents et la vitesse de rotation.

Matériel nécessaire

- Des engrenages de différentes tailles (avec un nombre différent de dents)
- Plateau de fixation

Présentation de l'activité

Disposition des élèves : par groupe de 4 élèves

Mise en situation

- Présentation du matériel
- Manipulation libre du matériel et expression des observations

Description des tâches attendues des élèves

- 1^{ère} activité : faire tourner les deux roues identiques > même vitesse
- 2^{ème} activité : donner une roue de départ (de taille moyenne) et demander de faire tourner plus vite une seconde roue (au choix : plus petite, plus grande ou de taille identique)

Hypothèse : (par exemple) si je prends une roue avec deux fois moins de dents, elle tournera deux fois plus vite.

L'importance du choix des engrenages - Expérience à concevoir

But de l'activité

Proposer aux élèves d'imaginer une expérience facilement réalisable en classe, qui montre l'importance du choix de la taille des engrenages.

Matériel nécessaire

Par groupe :

- 3 roues d'engrenages de différentes tailles - plateau de fixation
- Plasticine et petits drapeaux sur cure-dents, gommettes ... afin de repérer le nombre de tours



Présentation de l'activité

Disposition des enfants : par groupe de 4 élèves

Mise en situation

Repartir de l'hypothèse émise lors de l'activité précédente : « si je prends une roue avec deux fois moins de dents, elle tournera deux fois plus vite », et proposer aux élèves de vérifier celle-ci.

Description des tâches attendues des élèves

- Compter le nombre de dents de chaque roue.
- Fixer deux roues de taille différentes.
- Placer un repère sur chaque roue (une gommette ou un petit drapeau). Ce repère permettra de compter le nombre de tours réalisé par chaque engrenage.
- Réaliser un tableau de mesures afin de comparer les différentes vitesses.

Mise en commun

Faire le point sur les résultats des manipulations en fonction des hypothèses émises.



Tester les performances de l'éolienne en modifiant le système d'engrenages - Expérience à suivre



Paramètre testé : modification de l'agencement des engrenages

Matériel

Une éolienne dont on peut modifier différents paramètres - des engrenages de différents diamètres - un multimètre - une soufflerie à souffle variable (un ventilateur) - un anémomètre - un buzzer - des fils de connexion - un support pour le ventilateur

Consignes

- Placer l'éolienne, avec 3 pales de longueur identique, inclinées à 30° par rapport à l'axe de l'éolienne (voir les points : conseils pratiques et utilisation du multimètre).

- Tester les performances en modifiant l'agencement des engrenages :
 - l'engrenage de 60 mm de diamètre au-dessus de l'engrenage de 20 mm de diamètre
 - l'engrenage de 20 mm de diamètre au-dessus de l'engrenage de 60 mm de diamètre
 - l'engrenage de 40 mm de diamètre au-dessus de l'engrenage de 40 mm de diamètre
- Placer tous les résultats mesurés dans le tableau de mesure.

Exemple de tableau à compléter :

Agencement des engrenages	I(A) 1	U(V) 1	P(W) 1	I(A) 2	U(V) 2	P(W) 2	I(A) 3	U(V) 3	P(W) 3	Puissance moyenne produite P(W)
60 mm au-dessus de 20 mm										
20 mm au-dessus de 60 mm										
40 mm et 40 mm										

Première constatation

L'agencement des engrenages influence l'intensité du courant électrique produit par l'éolienne.

Possibilité éventuelle de tracer un graphique des résultats (en fonction du nombre d'expériences réalisées).

Mise en commun

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe des résultats obtenus par rapport au paramètre testé.

A la suite de la mise en commun de toutes les expériences, on pourra déterminer quels sont les paramètres qui influence l'intensité du courant électrique.



Point méthodologique : Différence entre modèle et réalité

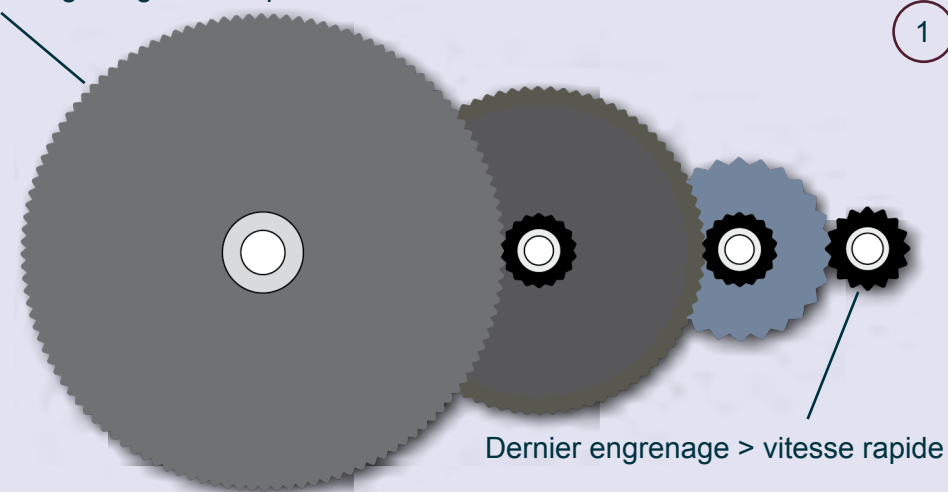
Système d'engrenages et multiplicateur des éoliennes

Le multiplicateur

L'arbre lent (voir schéma 2), appelé aussi « arbre primaire » est une pièce en acier sur laquelle est placé, à une extrémité, le moyeu (qui supporte les pales) et qui est connectée à son autre extrémité au multiplicateur. Même avec un vent très fort, la vitesse de rotation des pales est trop faible pour produire de l'électricité, c'est pourquoi on place entre la génératrice et le moyeu un multiplicateur.

Le multiplicateur est un convertisseur de puissance : il multiplie la vitesse d'entrée (rotor de l'éolienne) pour atteindre la vitesse de sortie exigée par la génératrice électrique, en multipliant parfois par 70 la vitesse de rotation initiale. Il est constitué d'un assemblage d'engrenages comme celui-ci.

Premier engrenage > relié par l'arbre lent au rotor



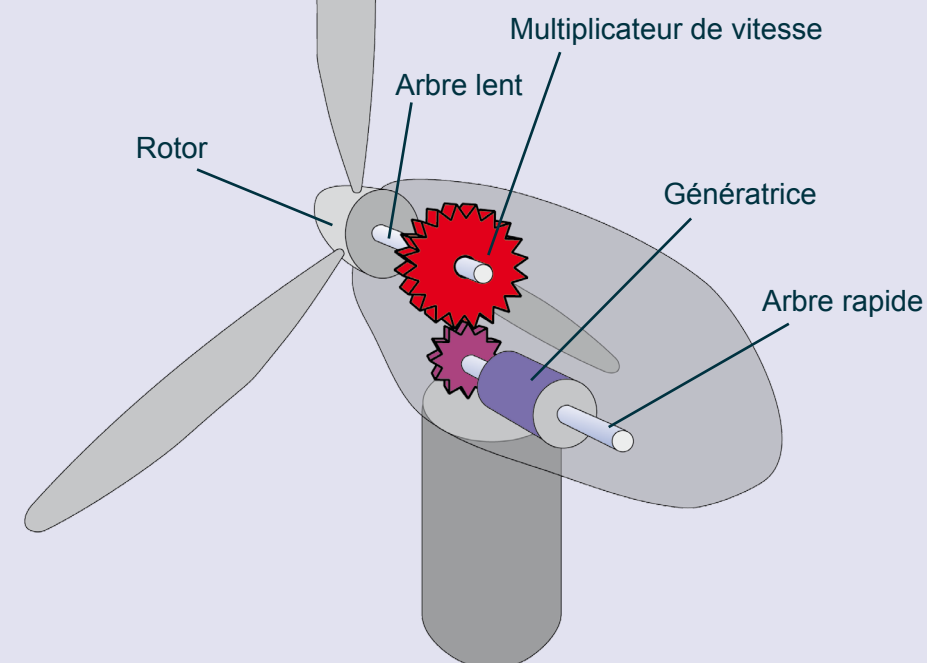
Dernier engrenage > vitesse rapide

La vitesse de rotation d'une roue dépend de la vitesse de rotation de l'autre roue et du nombre de dents de chacune : $\text{vitesse de rotation de la roue 1} \times \text{nombre de dents de la roue 1} = \text{vitesse de rotation de la roue 2} \times \text{nombre de dents de la roue 2}$.

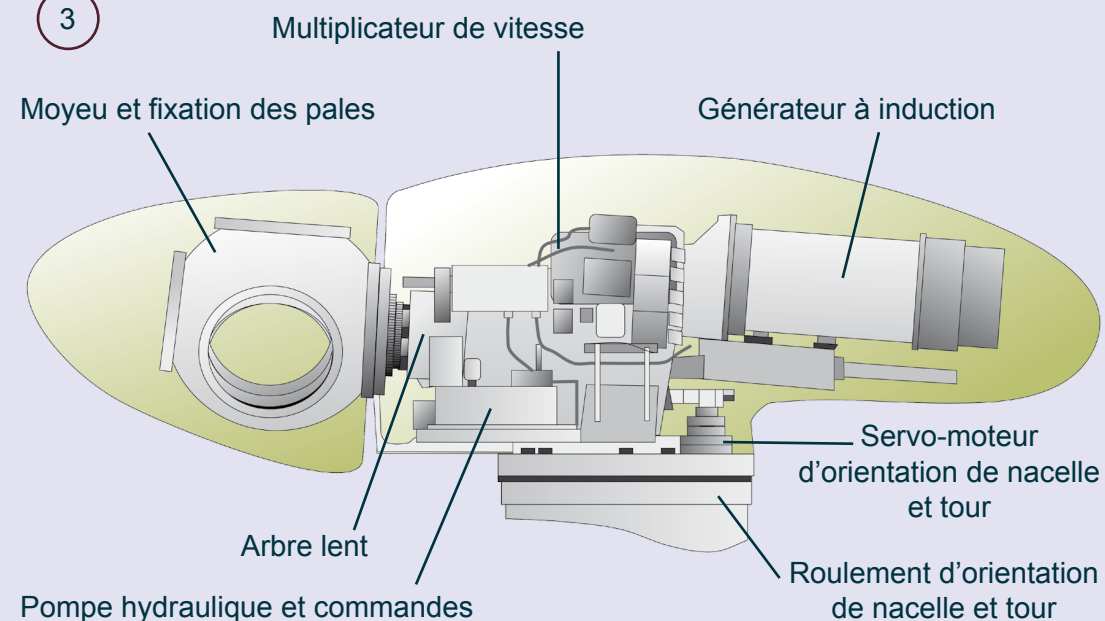
Le rendement est variable suivant la puissance transmise, mais tourne autour de 97%. La lubrification peut se faire par barbotage ou par injection d'huile forcée. Le refroidissement est souvent à air. Le multiplicateur est monté sur plots élastiques (plots de caoutchouc) pour amortir les vibrations et limiter la transmission du bruit à la structure porteuse.

Sources : <http://perso.numericable.fr/~flopark/tpe/>

2



3



Puissance produite par une éolienne

La puissance captable par l'éolienne est proportionnelle à l'énergie cinétique du vent qui traverse l'éolienne, par seconde.

Toutefois, toute cette puissance ne peut être captée car la vitesse de l'air n'est pas nulle après l'éolienne.

A partir de ces constatations on a pu déterminer (formule de Betz) que la puissance maximale captable :

$$P_{\max} = 1,20 r^2 v^3$$

r = longueur des pales
 v = vitesse du vent

En pratique la puissance utile est réduite à 60 - 65 % parce que « du vent à la distribution » il y a plusieurs étapes de conversion d'énergie, chacune présentant des pertes d'énergie.

Avec les éoliennes actuelles dont les pales mesurant 40 m de long pour un vent de 10 m par seconde, une seule éolienne produit :

$$P = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 40^2 \cdot 10^3 = 1,152 \text{ MW ou } 1.152.000 \text{ joules / seconde}$$

Ce qui représente très approximativement la consommation de 4.000 habitants pour une année. Ceci à condition qu'il y ait du vent en permanence et de façon régulière.

Activité 6 : Structuration

Les éoliennes

Laisser des traces

Tout au long de cette démarche, les élèves auront produit toute une série de traces, et de documents divers. Ceux-ci, même s'ils ont été réalisés consciencieusement par les jeunes, ne peuvent servir de base théorique. En effet, certaines traces laissées dans les cahiers sont parfois erronées ou incomplètes. Il convient donc, pour le professeur, d'effectuer maintenant un travail important avec le groupe classe : la structuration des apprentissages.

Primaire-secondaire

Bien que les expériences proposées puissent facilement être réalisées à la fois dans l'enseignement primaire et secondaire, les notes théoriques seront probablement différentes aux deux niveaux. Il conviendra alors à chaque enseignant d'adapter ces notions aux élèves. Nous ne voulons pas imposer de théories prédéfinies aux enseignants. Il existe une multitude de sources facilement consultables pour construire des notes. Les enseignants pourront aussi se servir des différents reculs théoriques de cette brochure.

Au primaire, on se limitera à noter de façon simple les différentes notions rencontrées. La force de l'air en mouvement, les engrenages qui permettent de démultiplier le mouvement au sein du générateur, la transformation de l'énergie du vent en énergie mécanique puis en énergie électrique.

Au secondaire, la séquence peut déboucher sur des notions plus pointues. La force de Coriolis, la circulation de l'air autour d'une dépression atmosphérique. Le calcul des puissances obtenues en fonction des différents paramètres testés. Les transformations successives d'énergie pour arriver à produire l'énergie électrique. Un travail sur les graphiques obtenus lors des expériences.

Activité 7 : Partie citoyenne

- Organisation d'un débat avec l'utilisation d'un support cartographique.
- Mise en scène d'une situation problématique : intérêt ou non d'installer des éoliennes sur le territoire.
- Prendre connaissance des paramètres qui composent le territoire : le relief, les zones habitées, les sites protégés, les contraintes liées à l'utilisation du territoire (aérodrome, culture, élevage, chemin de fer, zone portuaire, etc.), l'espace utilisé par la migration des oiseaux, ...
- Débat à propos des avantages et des inconvénients.
- Collecte d'informations techniques et scientifiques, aspects sécuritaires, risques possibles et nuisances éventuelles, les normes et les contraintes urbanistiques, documentation et personnes ressources, ...





Eolienne de Nogent-le-Roi (France)
© Jean-Luc Cavey



Eolienne de pompage pour puiser de l'eau.
© Georg Slickers



La plus grande éolienne à axe vertical du monde,
Gaspésie, Québec, Canada
49° 5' 5.28 N, 66° 41' 13.2 O
© Guillom

Energie - Puissance - Unités de mesure

Energie

L'unité d'énergie est le joule. On emploie également la calorie : 1 calorie = 4,184 joules
Comme ces unités sont relativement petites, on utilise fréquemment le kilojoule et la kilocalorie : 1 kJoule = 1000 joules 1 kcal = 1000 calories ou 4184 joules

Puissance

Dans de nombreuses utilisations, plutôt que de connaître la quantité totale d'énergie, produite ou utilisée, il est important de connaître la vitesse de variation de cette quantité par unité de temps. On peut, par exemple, déneiger un chemin à l'aide d'une pelle ou avec une machine. Dans les deux cas, le même travail est effectué. Toutefois, la machine effectue ce travail plus rapidement. On dit que la machine est plus puissante.

L'unité de puissance est appelée le watt (W)

1 Watt correspond à la production ou à la consommation de l'énergie d'un joule par seconde. 1 kilowatt = 1000 watts

Attention

Le kilowattheure (Kwh) qui figure sur notre facture d'électricité est une unité d'énergie puisqu'il correspond à une production ou une consommation de 1000 watts durant 1 heure (3600 secondes) soit 3.600.000 joules.

Pour en savoir plus

Sites Internet :

Eolien : rumeurs et réalités - Brochure réalisée par APERe Facilitateur éolien - www.apere.org

- <http://energie.wallonie.be/fr/l-eolien.html?IDC=6170>
- <http://www.apere.org>
- <http://www.eolien.be>
- <http://www.vents-houyet.be>
- http://eoliennes-wallonie.energies-dyle.be/?utm_source=MailingList&utm_medium=email&utm_campaign=Energies+fevrier+2011
- Parc éolien sur Aywaille - réunion d'informations : <http://www.hypothese.be/documents/DocumentsEoliennes/electrabel.pdf>
- Etude d'incidence sur l'environnement - Projet d'implantation d'un parc éolien : http://www.hypothese.be/documents/DocumentsEoliennes/Vincotte-RI_Eole.pdf
- <http://www.compagnons-eole.be>
- www.thewindpower.net

Bibliographie

- Giordan A.; Souchon C. - 2008 - Une éducation pour l'environnement, vers un développement durable - Ed. Delagrave
- Frivole éole ou le pouvoir du vent - Sensibilisation à l'énergie éolienne - Brochure Vents d'Houyet
- Articulation entre l'enseignement fondamental et l'enseignement secondaire - Sciences et mathématiques - Rapport de recherche Communauté française. DARO Sabine, GERON Christine, GRAFTIAU Marie-Christine, HINDRYCKX Marie-Noëlle, STEGEN Pierre : <http://www.hypothese.be/documents/LesActivitesScientifiquesExperimentales.pdf>
- M. Wautelet, Sciences, technologies et sociétés - Questions et Réponses, De Boeck 2005



Maison liégeoise de l'Environnement
Rue Fusch, 3 - 4000 Liège

Tél. : 04.250 95 89
www.hypothese.be
contact@hypothese.be

Cette brochure est réalisée par l'asbl Hypothèse
Avec le soutien de la DGO4 - SPW

Janvier 2012