

In samenwerking met:



# TOOLKIT VOOR LEERKRACHTEN

Onderwijs over windenergie  
voor de basisschool

Dit document is beoordeeld door de wetenschappelijke communicatiecommissie van de Europese Academie voor Windenergie



# TOOLKIT VOOR LEERKRACHTEN

Onderwijs over windenergie  
voor de basisschool

## INHOUD

Over deze Toolkit .....	5
Module 1: Over energie .....	11
Module 2: Verricht metingen met een anemometer .....	17
Module 3: De techniek van de windturbine .....	23
Module 4: Over wind .....	33
Begeleidend lesmateriaal voor leerkrachten .....	41



# OVER DEZE TOOLKIT

Ons doel was om een onderwijspakket te ontwikkelen om kinderen op de basisschool te onderwijzen over windenergie. Wij prijzen ons gelukkig voor deze onderneming een perfecte samenwerkingspartner te hebben gevonden, de Singelijn basisschool in Brussel, waar dit project tot stand kwam en succesvol werd uitgevoerd.

Deze toolkit voor leerkrachten is het resultaat van het project dat werd uitgevoerd in de 6e klas met 12-jarigen van november 2020 tot april 2021.

De school was van mening dat deze leeftijdsgroep – 12-jarigen – dit onderwerp het meest wist te waarderen en het meest profijt zou hebben van het onderwijs. Meer achtergrond over het kennisniveau en de vaardigheden van de scholieren die deelnamen aan dit project wordt in detail beschreven en kan dienen als een indicatie voor de basiskennis die nodig is om deze toolkit optimaal in te kunnen zetten in het onderwijs.

Het onderwijspakket is ontworpen door een leerkracht en zijn klas met 20 leerlingen en is zodanig aangepast dat het goed past bij hun leerdoelen en interesses. Het onderwerp windenergie, zoals aangeboden in deze toolkit, past binnen de vakken **natuurwetenschappen/technologie, wiskunde, geschiedenis, aardrijkskunde** en **grammatica**. Windenergie is op deze school nu ook volledig geïntegreerd in de pedagogische doelstellingen en het reguliere schoolprogramma.

De leerkracht die dit project leidde had geen achtergrond in windenergie. Hij werd tijdens de ontwikkeling en uitvoeringsfase van dit project ondersteund door twee experts (universitair docenten) die hem hielpen de modules op te zetten.

Deze toolkit is gebaseerd op de geleerde lessen uit dit pilotproject. De opmerkingen en inzichten van de leerkracht en de leerlingen zijn meegenomen in het eindresultaat. De gehele toolkit is ook beoordeeld door de wetenschappelijke communicatiecommissie van de Europese Academie voor Windenergie (Technische Universiteit Delft, Technische Universiteit Denemarken, Politecnico Milaan, Universiteit van Texas, Dallas en het von Karman Instituut voor vloeistofdynamica).

Deze toolkit is geschikt voor iedere school en iedere leerkracht die leerlingen wil onderwijzen over windenergie.

Speciale training voor leerkrachten is niet nodig om dit pakket te gebruiken voor het onderwijs. Het kan in zijn geheel of in kleinere blokken worden gebruikt zodat het goed aansluit bij de leerdoelen van de leerlingen.

We staan altijd klaar voor vragen of steun als dat nodig is maar laten we nu beginnen!



Bekijk deze video waarin de leerkracht en de leerlingen vertellen over de toolkit.



## GEBRUIK VAN DE TOOLKIT; AANWIJZINGEN VOOR LEERKRACHTEN

- De Toolkit heeft vier modules die na elkaar of in willekeurige volgorde los van elkaar gebruikt kunnen worden afhankelijk van de leerbehoefte:
  - › **Module 1:** Over energie
  - › **Module 2:** Verricht metingen met een anemometer
  - › **Module 3:** De techniek van de windturbine
  - › **Module 4:** Over wind
- Iedere module omvat:
  - › Een **lesplan** waarin beschreven wordt welke leerdoelen behaald worden (kennis en vaardigheden) en welke onderwijsactiviteiten plaatsvinden. Dit helpt om de lessen voor te bereiden.
  - › En **voorbeelden van uitgevoerd werk** door de leerlingen, zowel in de klas en als van de onderzoeksprojecten, zodat duidelijk wordt hoe het afgeronde project of de resultaten eruit kunnen zien (deze voorbeelden zijn in het Frans, maar vooral bedoeld om een idee te geven van de uitkomsten).
- De activiteiten omvatten individuele en groepsprojecten en zijn gebaseerd op voorbeelden uit de praktijk.
- De toolkit bevat **begeleidend materiaal** voor de leerkracht, waaronder de uitleg over theoretische aspecten alsmede grafieken en instructies die gemaakt zijn door windenergie-experts.
- Het materiaal is gemaakt om onafhankelijk van een externe expert te kunnen werken.
- Voor diegenen die meer achtergrondinformatie wensen, is er een overzicht van links met betrouwbare informatie te vinden aan het einde van dit document.

## ACHTERGROND IN KENNIS EN VAARDIGHEDEN VAN LEERLINGEN UIT GROEP 6 (BE)/GROEP 8 (NL)

De leerlingen voor wie deze toolkit is bedoeld hebben het volgende kennisniveau en vaardigheden op het gebied van wiskunde, natuurwetenschappen en natuurkunde zoals beschreven door hun leerkracht:

### Cijfers en berekeningen:

- Decimalen, breuken en percentages
- Optellen, vermenigvuldigen en aftrekken van grote getallen. Zij hebben hulp nodig bij het delen van grote getallen.

### Een situatie vastleggen in een grafiek en deze juist interpreteren:

- Staafdiagrammen
- Lijndiagrammen
- Cirkel- of taartdiagrammen

### Maten:

- Lengte van mm tot km
- Oppervlakte en volume,  $m^2$  en  $m^3$
- Werking van een kompas, een gradenboog en een geodriehoek
- Verschillende vierzijdige vormen
- Een kubus construeren en een rechthoekig parallellepipedum

### Natuurkunde:

- Basiskennis over elektriciteit
- De studenten zijn nog niet bekend met het concept van snelheid

## IK WIL MIJN LEERLINGEN ONDERWIJZEN OVER WINDENERGIE. HOE BEGIN IK?

Dit onderdeel toont de stappen die nodig zijn om het onderwijspakket over windenergie in te zetten voor de leerlingen. Door dit samen te doen zal de betrokkenheid van de leerlingen toenemen en kan dit programma optimaal gebruikt worden.

Het programma kan onveranderd overgenomen worden of aangepast worden naar een lespakket dat past bij de leerbehoefte, leerdoelen en interesses van de leerlingen. De benodigde tijd om dit te doen is ongeveer twee lessen (van elk 50 minuten).

### STAP 1

#### In kaart brengen van de leerbehoefte

Vraag de leerlingen na te denken en antwoord te geven op de volgende vier vragen zonder dat daarvoor eerst onderzoek wordt gedaan:

## ? Wat weet ik over windenergie?

Het doel van deze vraag is om het kennisniveau van de leerlingen te beoordelen en hierop door te bouwen. De leerkracht kan de antwoorden samenvatten op het bord en visualiseren voor de leerlingen.

Voorbeelden van antwoorden door de leerlingen:

- Windturbines zijn verbonden aan energiecentrales
- De wieken draaien dankzij de wind
- Het is duur
- Als de wieken draaien, zorgen ze voor elektriciteit voor de stad
- De wieken zorgen dat de motor werkt
- Het is groene energie
- Elektriciteit wordt opgeslagen in een batterij en dan gaat het naar de huizen.

## ? Waarom is duurzame energie tegenwoordig een belangrijk onderwerp?

Het doel van deze vraag is om de leerlingen te laten inzien dat ze over windenergie leren omdat het is verbonden aan het bredere onderwerp van klimaatverandering. De vragen kunnen in de klas worden besproken en door de leerkracht op het bord worden geschreven.

Voorbeeld:

- Vervuiling
- Opwarming van de aarde
- Groene energie

## ? Hoe denk je dat een windturbine werkt?

Om deze vraag te beantwoorden, maken de leerlingen een tekening om te laten zien hoe zij denken dat een windturbine werkt.

**!** Door na te denken over de eerste drie vragen, kunnen de leerkracht en de leerlingen vaststellen wat ze niet weten en welke onderwerpen interessant zijn om meer over te leren.

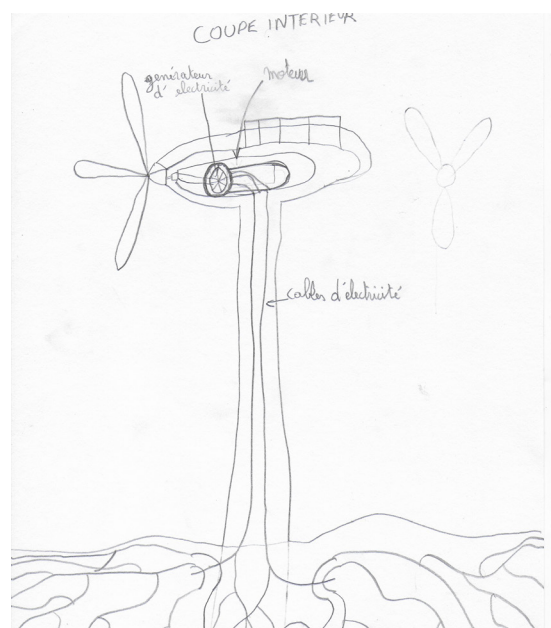
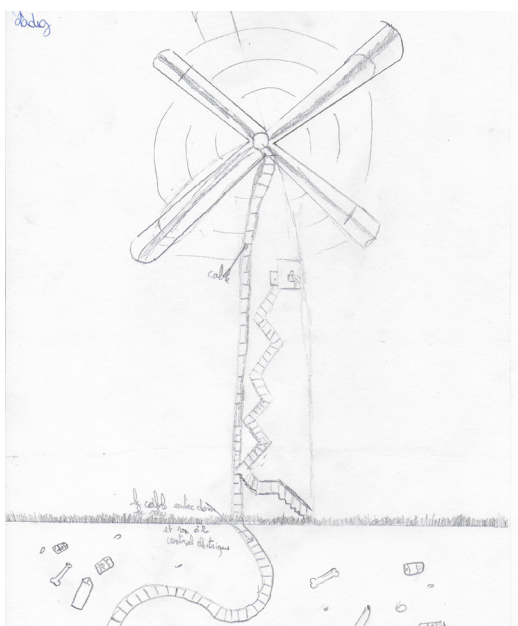
## ? Wat wil ik leren over windenergie?

Iedere leerling beantwoordt deze vraag individueel. De leerkracht verzamelt de antwoorden en bespreekt met de leerlingen wat zij willen leren en wat zij moeten leren:

- Hoe werkt een windturbine? Of veel preciezer: hoe zorgt het draaien van de wieken voor elektriciteit?
- Wie heeft het uitgevonden?
- Hoe wordt het gebouwd?
- Hoeveel kost het?
- Hoe werkt de motor?
- Hoe beslis je waar je ze neerzet?
- Vergelijk van windenergie met andere duurzame energiebronnen (zon, waterkracht...)
- De geschiedenis van wind
- Waar worden windturbines gebouwd en van welke materialen worden ze gemaakt?
- Bezoek aan een windturbine

**FIG. 1 & 2**

voorbeelden van tekeningen van de leerlingen:



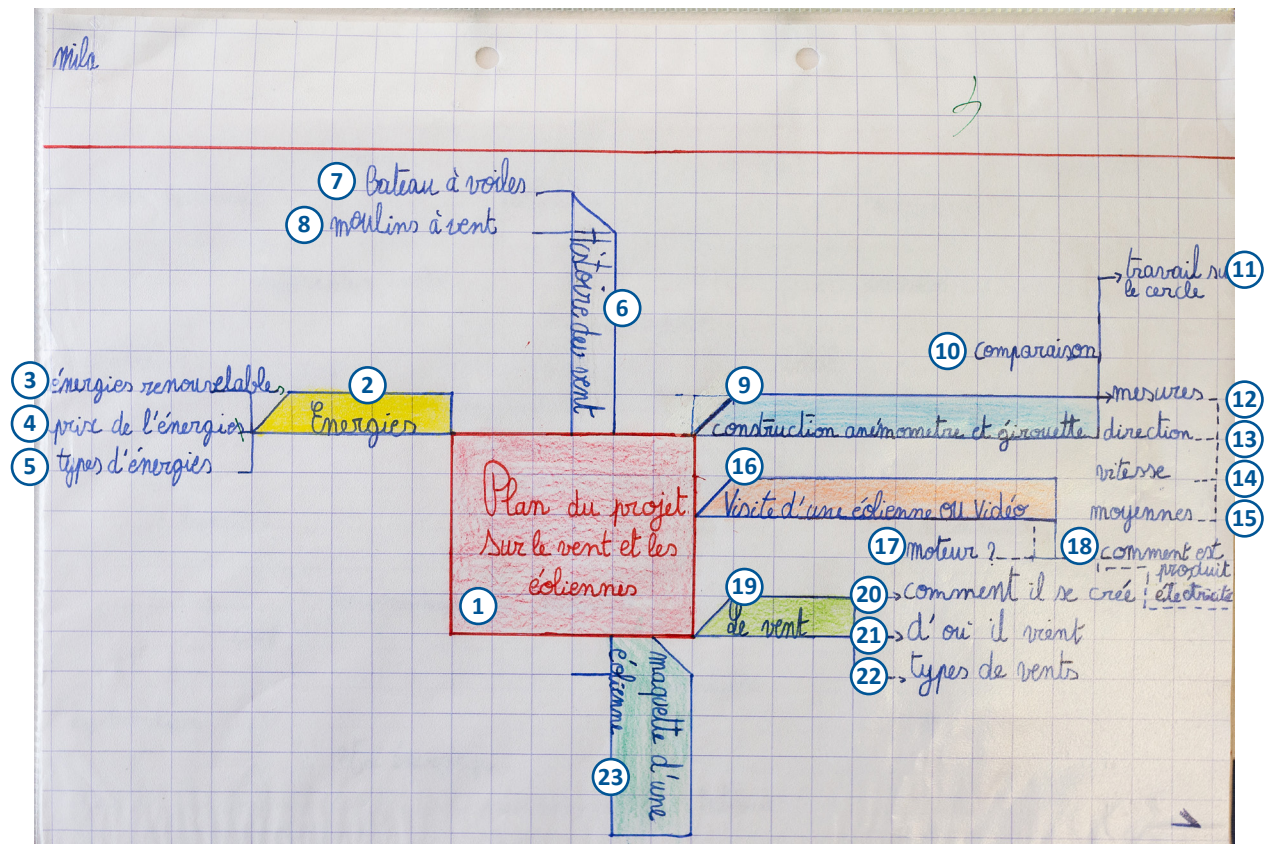
## STAP 2

### Doorbouwen op de leerbehoefte

De leerlingen structureren hun antwoorden op de vraag “wat wil ik leren over windenergie” in de vorm van een plan of een mindmap die door de leerkracht en de leerlingen op het bord wordt getekend. Iedere leerling neemt deze mindmap over in hun schrift om te gebruiken tijdens het project.

FIG. 3

Voorbeeld van een klassikale mind map



- |                                          |                                         |                                      |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Projectplan over wind en windturbines | 9. Constructie van windmeters           | 17. Motor                            |
| 2. Energie                               | 10. Vergelijking                        | 18. Hoe wordt elektriciteit gemaakt? |
| 3. Duurzame energie                      | 11. Werken op de cirkel                 | 19. Wind                             |
| 4. Energieprijzen                        | 12. Metingen                            | 20. How ontstaat het?                |
| 5. Vormen van energie                    | 13. Richtingen                          | 21. Waar komt het vandaan?           |
| 6. Geschiedenis van wind                 | 14. Snelheid                            | 22. Soorten wind                     |
| 7. Zeilboten                             | 15. Gemiddelden                         | 23. Model van een windturbine        |
| 8. Windmolens                            | 16. Bezoek aan een windturbine of video |                                      |



## STAP 3

### De volgorde van de lessen bepalen

In deze stap gaan de leerkracht en de leerlingen samen bepalen in welke volgorde ze de activiteiten gaan uitvoeren:

1. Wat is energie?
2. Anemometers in het klaslokaal
3. Gebruik van een anemometer
4. De cirkel die de anemometer maakt
5. Waar komt het getal Pi ( $\pi$ ) vandaan?
6. Mijn onderzoek over de oppervlakte van de cirkel
7. Mijn voorstelling van windenergie
8. Mijn tekening van een windturbine
9. Mijn samenvatting van de video's over windturbines
10. Grammatica
11. Mijn aantekeningen over de video's over windturbines
12. Samen een windturbine bouwen
13. De wind
14. Ons werk over aerodynamica
15. De wereldkaart van wind
16. Soorten wind
17. Mijn voorstelling van het ademhalingsstelsel
18. Mijn tekening van de long
19. Mijn rapport over de ontleding van een long
20. Mijn samenvatting over het ademhalingsstelsel
21. Mijn tekening van het ademhalingsstelsel
22. De werking van een windturbine

## STAP 4

### De leergang

Het resultaat van deze stappen kan vastgelegd worden in het volgende uitgebreide overzicht. Sommige activiteiten kunnen gelijktijdig worden uitgevoerd en de volgorde kan aangepast worden naar behoefte van de klas.

TABEL 1

MODULE	LES	ONDERWERP	TIJDSDUUR
1. Over energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definiëren van energie en de vormen</li> <li>• Onderzoek naar energiebronnen en het onderzoek presenteren</li> <li>• Leren over verschillende aspecten van windenergie: bestuurlijk, economisch en milieutechnisch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natuurkunde</li> <li>• Aardrijkskunde</li> <li>• Geschiedenis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een (50 min.) les om vast te stellen wat energie is</li> <li>• 5 dagenonderzoek over energiebronnen thuis</li> <li>• Twee (50 min.) lessen om te leren over de verschillende aspecten van windenergie</li> </ul>
2. Verricht metingen met een anemometer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constructie van een anemometer</li> <li>• Gebruik van een anemometer voor metingen</li> <li>• Experimenten uitvoeren met de anemometer</li> <li>• Meting van de omtrek en de oppervlakte van de cirkel die door de anemometer wordt gemaakt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natuurkunde</li> <li>• Meetkunde</li> <li>• Wiskunde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Twee (50 min.) lessen om windmeters te maken</li> <li>• Twee (50 min.) lessen om de metingen te verrichten</li> </ul>
3. De techniek van de windturbine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beoordelen van onze kennis over windturbines</li> <li>• Leren over de werking van windturbines</li> <li>• Een windturbine bouwen en testen</li> <li>• Grammaticales om de nieuwe woordenschat eigen te maken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natuurwetenschap/technologie</li> <li>• Natuurkunde</li> <li>• Grammatica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Twee (50 min.) lessen om te werken met de video's en de virtuele tour van de windturbine</li> <li>• Vier (50 min.) lessen om de windturbines te bouwen en te testen</li> <li>• Een les over grammatica is inbegrepen in deze tijdsduur</li> </ul>
4. Over wind	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beoordelen van de kennis over wind van de leerlingen</li> <li>• Samenstellen van wind- en aerodynamica-experimenten</li> <li>• Bestuderen van de wereld windkaart en de soorten wind</li> <li>• De geschiedenis van wind</li> <li>• Bestudering van het ademhalingsstelsel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Natuurwetenschap/technologie</li> <li>• Natuurkunde</li> <li>• Geschiedenis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drie (50 min.) lessen over wind en experimenten</li> <li>• Drie (50 min.) lessen om de wereldkaart voor wind te bestuderen en de verschillende soorten wind</li> <li>• Drie (50 min.) lessen over de geschiedenis van de wind</li> </ul>



# MODULE 1

## OVER ENERGIE

### INLEIDING

Deze introductie over energie is bedoeld om vast te stellen wat we verstaan onder energie, duurzame energie en windenergie in het bijzonder. Door onderzoekopdrachten uit te voeren, leren de leerlingen de verschillen kennen tussen diverse energiebronnen. Door bestudering van video's kunnen de leerlingen meer te weten komen over verschillende aspecten rondom windenergie zoals vergunningsprocedures, kosten en milieuaspecten.

### DOELGROEP

Groep 5-6 (BE)/Groep 7-8 (NL) van de basisschool (10-12 jarigen)

### TIJDSDUUR

- Een (50 min.) les om vast te stellen wat energie is
- 5 dagen onderzoek over energiebronnen thuis
- Twee (50 min.) lessen om te leren over de verschillende aspecten van windenergie

### ONDERWERPEN

- Natuurkunde
- Aardrijkskunde
- Geschiedenis

### LEERDOELEN

Door het afronden van deze module verwerven de leerlingen de volgende kennis en vaardigheden:

#### Kennis

- Begrip over de verschillende vormen en bronnen van energie
- Overwegingen die meespelen bij windenergie zoals bestuurlijke en vergunningsprocedures, kosten en milieuaspecten

#### Vaardigheden

- Ordenen van informatie op basis van definities
- Selecteren van relevante informatie uit geschreven documentatie en dit omzetten in eigen woorden
- Ordenen van informatie in een geschreven tekst
- Presenteren van eigen inzichten/voorstellingen in de vorm van tekeningen en tekst
- Informatieverwerking uit een video in de vorm van een tekening
- Opstellen van een lijst met sleutelwoorden bij het bekijken van een video

# LESPLAN

## MATERIALEN

YouTube video's over offshore windturbines, bestuurlijke en vergunningsprocedures, kosten- en milieuaspecten rondom windenergie.

## METHODE

### DEEL I LES OVER ENERGIE

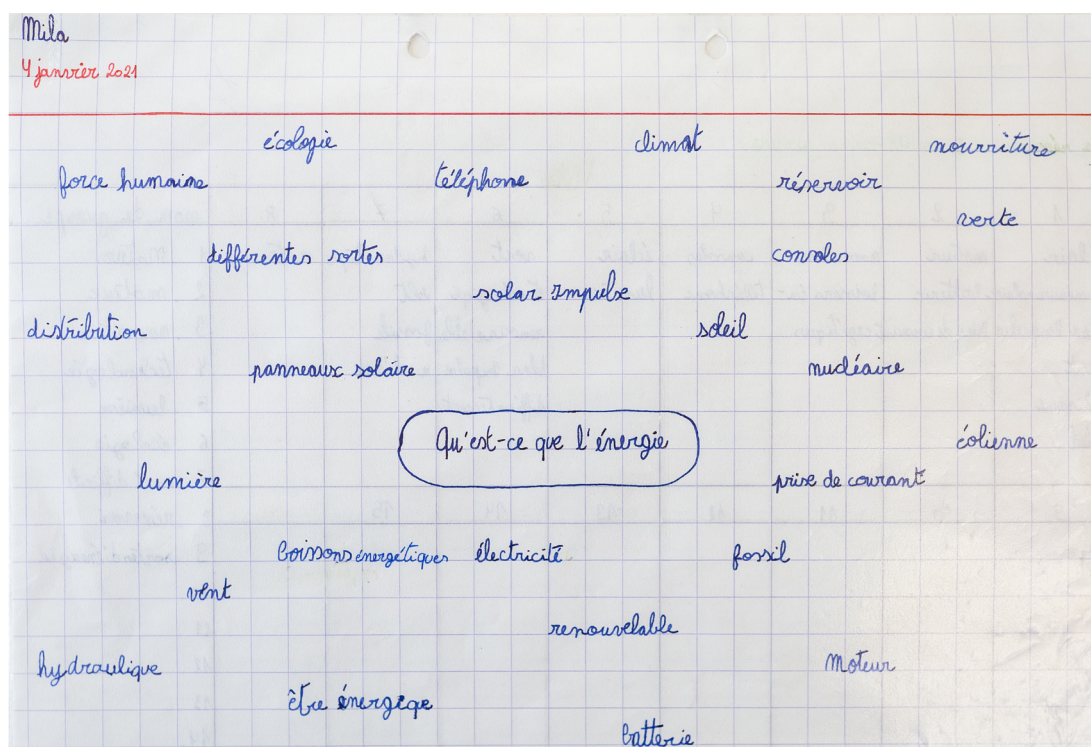
#### STAP 1

##### Introductie van energie

- In het klaslokaal bedenken de leerlingen een paar woorden die bij ze opkomen als ze denken aan het woord "energie".
- De leerkracht schrijft deze woorden in willekeurige volgorde op het bord.
- De leerlingen schrijven deze woorden over in hun schrift.

FIG. 4

Dit voorbeeld geeft de woorden weer die de leerlingen bedachten bij de term energie: ecologie, klimaat, menselijke kracht, telefoon, reservoir, groen, verschillende vormen, consoles, distributie, zon, zonnepanelen, kernenergie, licht, stopcontact, windturbine, energiedrankjes, elektriciteit, fossiel, wind, duurzaam, motor, energiek zijn, batterij.



## STAP 2

### De definitie van energie

De leerlingen en de leerkracht definiëren het begrip energie en vatten dit als volgt samen:

- Energie is onzichtbaar maar we kunnen wel zien welke reactie het geeft
- We hebben energie nodig om dingen te laten werken
- Energie kan van vorm veranderen

## STAP 3

### Vormen van energie

De leerkracht geeft een overzicht van de twee hoofdsorten van energie: kinetische energie en potentiële energie (tabel 2). Daarna werken de leerlingen in koppels om de verschillende energievormen in de onderstaande tabel vast te leggen. Hierbij gebruiken ze de woorden die ze in stap 1 in hun schrift hebben opgeschreven.

TABEL 2

KINETISCHE ENERGIE	POTENTIËLE ENERGIE
<b>Mechanische energie:</b> laat een object bewegen	<b>Chemische energie:</b> komt van moleculen
<b>Elektrische energie:</b> ontstaat door elektrische lading	<b>Kernenergie:</b> wordt opgeslagen in de kernen van atomen
<b>Warmte-energie:</b> ontstaat door warmte	

## STAP 4

### Energiebronnen

De leerkracht bespreekt de betekenis van duurzame energie en fossiele brandstoffen met de leerlingen. Samen maken ze een tabel met gebruik van de woorden die op het bord zijn opgeschreven in stap 1.

TABEL 3

DUURZAME ENERGIE	FOSSIELE BRANDSTOFFEN
Windenergie	Gas
Zonne-energie	Kolen
Waterkracht	Olie

## STAP 5

### Onderzoek van energiebronnen

Iedere leerling kiest een energiebron en voert in de loop van de week thuis een opdracht uit. Hierover maakt de leerling een poster waarop beschreven wordt:

- Waar komt de energie vandaan?
- Is het duurzaam of niet?
- Wat zijn de voor- en nadelen van deze energie?

## STAP 6

### Presenteren van de opdracht

- Iedere leerling presenteert de poster in de klas.
- Alle leerlingen ontvangen een kopie van alle posters zodat ze een compleet overzicht hebben van alle energiebronnen.

FIG. 5

Poster van een leerling waarin windturbines op land en op zee worden vergeleken. Hierin staat dat windturbines op zee kleiner zijn dan op land, in werkelijkheid is dit andersom..

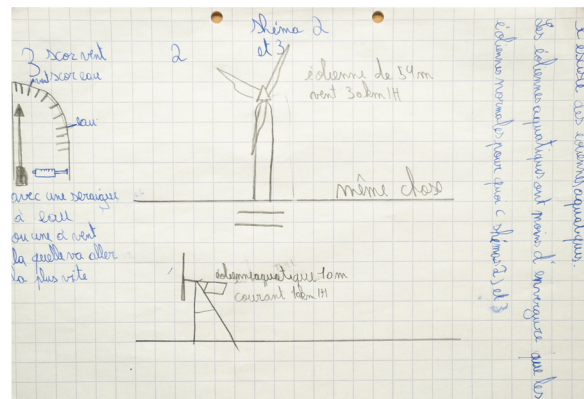
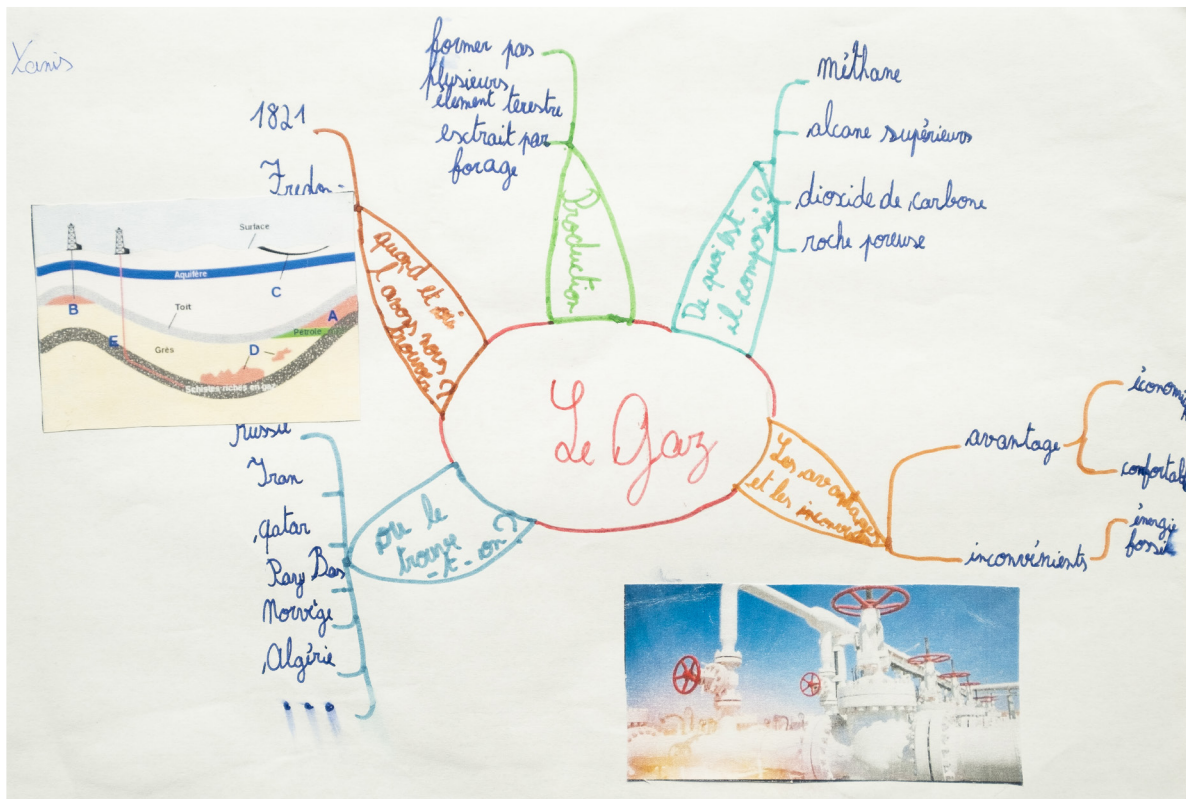


FIG. 6

Een poster van een leerling over gas: waar wordt het geproduceerd, wanneer werd het ontdekt, hoe wordt het geproduceerd, waar wordt het van gemaakt, voordelen en nadelen van gas.



## DEEL II LES OVER DE VERSCHILLENDE ASPECTEN VAN WINDENERGIE

- De leerkracht selecteert een aantal video's van YouTube over de verschillende aspecten rondom windenergie zoals vergunningsprocedures, kosten en milieuaspecten
- De leerlingen worden verdeeld in vier groepen. Iedere groep bekijkt een andere video over één aspect (de video's zijn in het Frans, maar bedoeld om een algemeen beeld te geven):
  - › **Groep 1: Hoe werken windturbines**  
<https://www.youtube.com/watch?v=iSfeRPa2EuU>
  - › **Groep 2: Vergunningen en meningen over de gevolgen van windturbines op het landschap**  
<https://www.youtube.com/watch?v=LG40IrxYnqs>
  - › **Groep 3: De kosten van windenergie**  
<https://www.youtube.com/watch?v=0nWM2Wj3YYM>
  - › **Groep 4: Is wind de energiebron van de toekomst?**  
<https://www.youtube.com/watch?v=7tvX4OJd8Nc>
- Iedere groep maakt in het klaslokaal een poster waarin zij verwerken wat ze over het bepaalde aspect van windenergie hebben geleerd. Daarover geven ze een presentatie aan de rest van de klas.

FIG. 7

Poster over de kosten van windenergie: hoeveel kost het in vergelijking met kernenergie? De ontwikkeling van windenergieprijzen en hoe windenergie kan concurreren met andere energiebronnen.

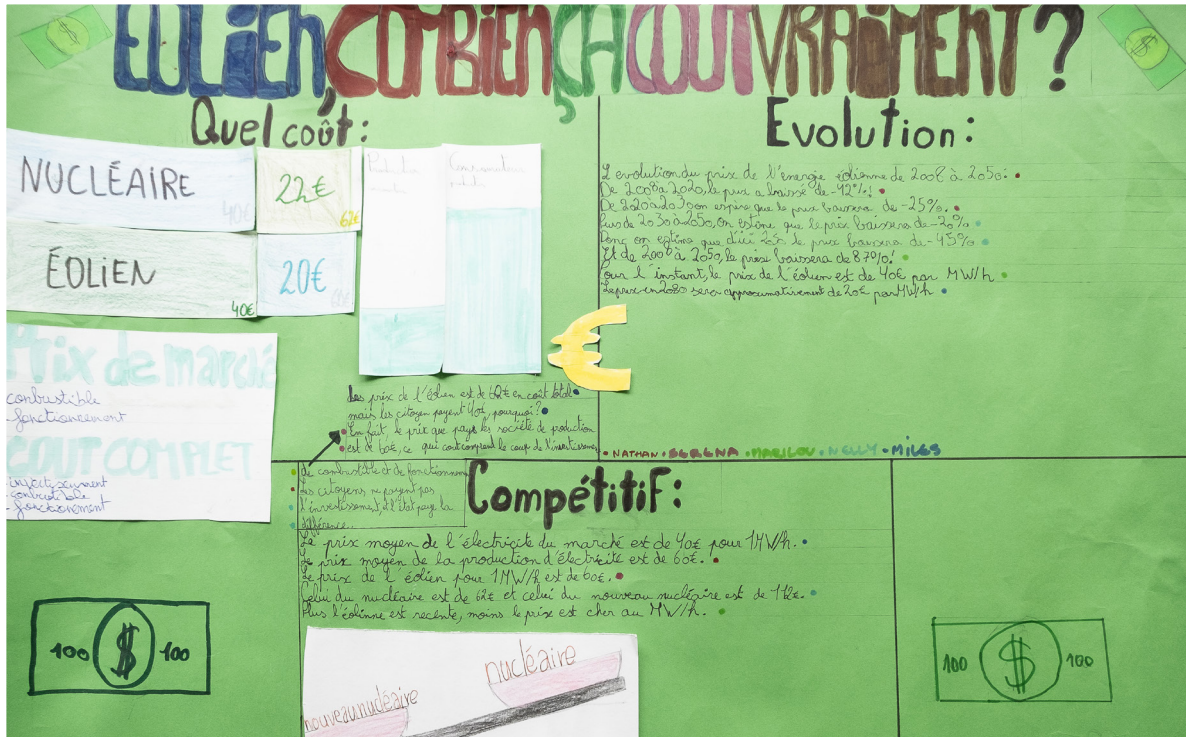
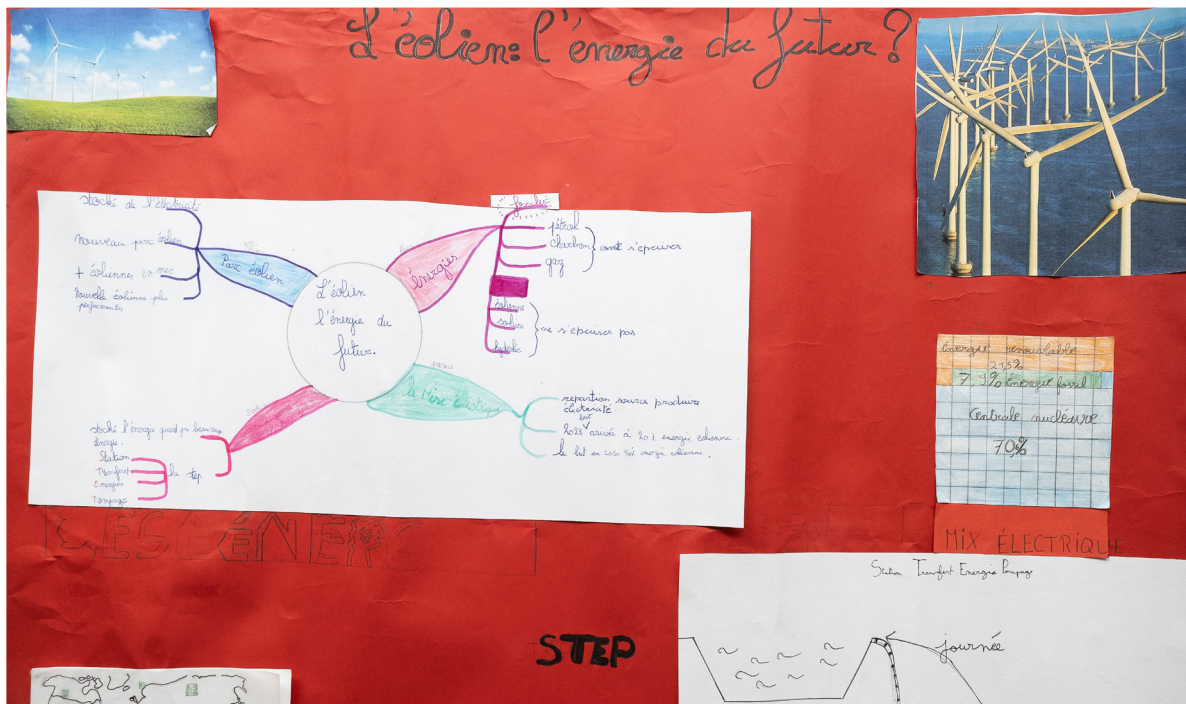


FIG. 8

Poster over de energie van de toekomst: of wind als energiebron van de toekomst. Dit vereist het bouwen van windparken, ook op zee, en nieuwe en efficiëntere windturbines en opslag van energie.







# MODULE 2

## VERRICHT METINGEN MET EEN ANEMOMETER

### INLEIDING

De leerlingen leren hoe zij de windsnelheid kunnen meten door een simpele anemometer (windmeter) te bouwen. Een anemometer (zoals in figuur 9) wordt gebruikt om de windsnelheid te meten. Deze meter heeft een verticale as met drie cups (halve bollen) die bewegen in de wind. Een sensor legt het aantal rotaties per minuut vast. Een computer gebruikt deze informatie om in te schatten hoe snel de wind waait.

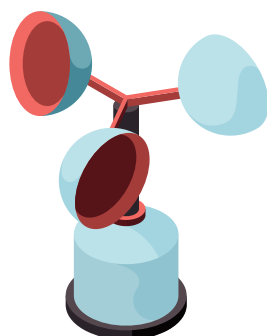
Een windturbine werkt alleen als bekend is hoe snel de wind waait. Hoe sneller de wind waait, hoe meer elektriciteit de turbine produceert. Daarom moet de windsnelheid worden gemeten en is de turbine met een anemometer uitgerust.

Stel je voor dat een windturbine elektriciteit produceert bij een windsnelheid van 5 meter per seconde. Stel je dan voor dat de windsnelheid verdubbelt van 5 meter naar 10 meter per seconde. De windturbine kan dan wel tot acht keer meer elektriciteit produceren.

### DOELGROEP

Groep 5-6 (BE)/Groep 7-8 (NL) van de basisschool (10-12 jarigen)

**FIG. 9**  
Anemometer



### TIJDSDUUR

- Twee (50 min.) lessen om de anemometers te bouwen
- Twee (50 min.) lessen om de metingen uit te voeren

### ONDERWERPEN

- Natuurkunde
- Meetkunde
- Wiskunde

### LEERDOELEN

Door het afronden van deze module verwerven de leerlingen de volgende kennis en vaardigheden:

#### Kennis

- Hoe meet je lengte
- Snelheid > windsnelheid
- De omtrek en oppervlakte van een cirkel: aanleren van nieuwe formules
- Ontdekken en begrip van het begrip Pi ( $\pi$ )

#### Vaardigheden

- Een project in 3D bedenken en ontwerpen
- Vergelijken van resultaten en deze vastleggen in een tabel
- Ontdekken en gebruiken van een wetenschappelijke onderzoeksmethode
- Rationeel denken bij uitdagingen en mogelijke oplossingen bedenken met gebruik van beschikbare mogelijkheden
- Presenteren van deze denkwijze aan de groep

# LESPLAN

## MATERIALEN

- Houten assen
- Houten armen
- Lege yoghurtbekertjes
- Een mechanisme om de armen te laten draaien

## METHODE

Vraag aan de leerlingen hoe zij op een windiger dag de windsnelheid kunnen meten.

Antwoord: met een anemometer!

### STAP 1

#### Bouwen van de anemometer

- De leerlingen maken in groepjes van drie een plan om een anemometer te bouwen door het beantwoorden van de vragen:
  - › Hoeveel armen zijn er nodig?
  - › Welke soort cups (halve bollen) kunnen gebruikt worden?
  - › Hoe groot is ieder deel van de anemometer?

- Ieder team maakt een schaalontwerp van hun anemometer (Figuur 10)
- Op basis van de tekening bouwt ieder team een anemometer met gebruik van de houten assen en de armen, de yoghurtbekertjes en het mechanisme om de armen te laten draaien

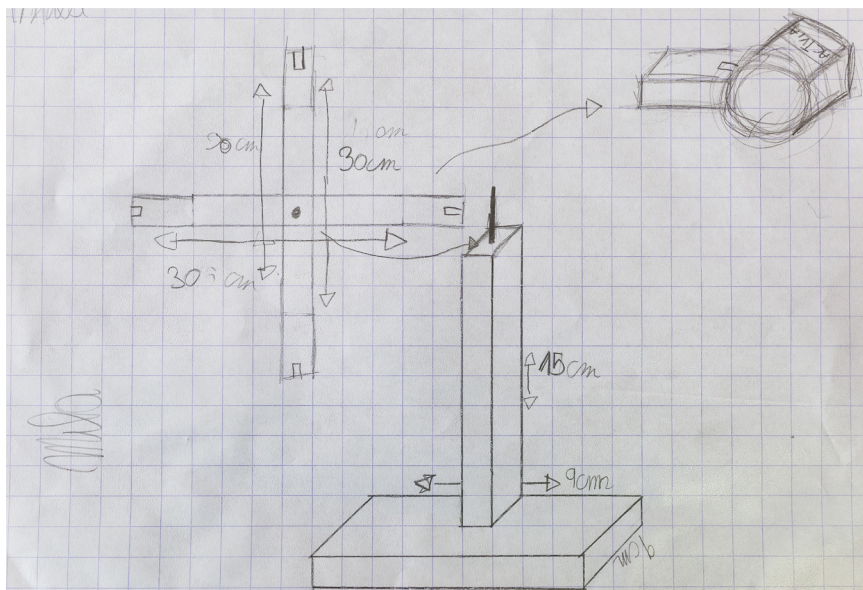
TABEL 4

Voorbeeldafmetingen van de anemometers die elk team kan bouwen

TEAM	Afmeting van de basis	Afmeting vna de verticale as	Afmeting vna de horizontale as
1	9 x 9 cm	20 cm hoog	15 cm lang
2	15 x 15 cm	40 cm hoog	15 cm lang
3	12 x 12 cm	30 cm hoog	14 cm lang
4	18 x 18 cm	15 cm hoog	15 cm lang
5	20 x 20 cm	40 cm hoog	10 cm lang
6	15 x 15 cm	30 cm hoog	15 cm lang
7	20 x 20 cm	25 cm high	20 cm long

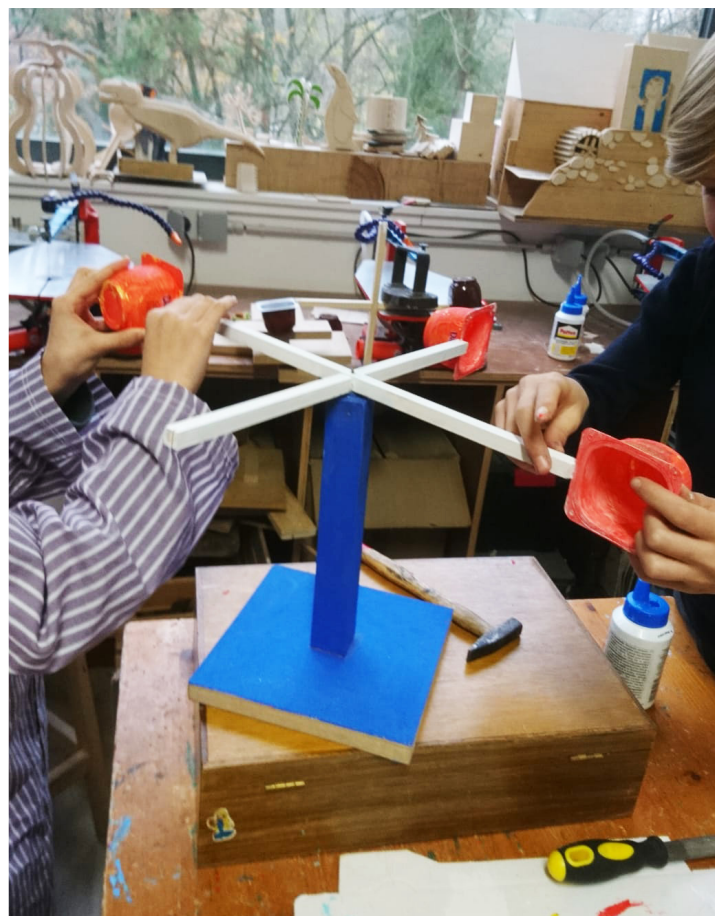
FIG. 10

Voorbeeld van een schaalontwerp met verschillende componenten: basis, verticale as en horizontale armen.





**FIG. 11**  
De leerlingen plaatsen de horizontale armen op de verticale as van de anemometer



**FIG. 12**  
De leerlingen plaatsen de cups (lege yoghurtbekertjes) op de horizontale armen van de anemometer.

## STAP 2

### Gebruik de anemometer om de wind te meten

Als de anemometers zijn gebouwd, worden ze getest.

- Op een windiger dag, op een plek op het schoolplein met een goede luchtstroom, telt ieder team het aantal rotaties dat de anemometer maakt in 30 seconden. Ze plaatsen een gekleurde markering op één van de cups om makkelijker te kunnen tellen
- Een leerling uit het team schrijft het aantal rotaties op in een tabel en vergelijkt deze met de andere teams
- Hoe meer rotaties, hoe harder het waait en hoe hoger de windsnelheid!

## STAP 3

### Experimenten met de anemometer

- In de groep bespreken de leerlingen waarom het aantal vastgelegde rotaties bij de ene groep verschilt van de andere groep



**Heeft de lengte van de armen van de anemometer invloed op het aantal rotaties?**

- Om deze vraag te beantwoorden voeren de leerlingen in de klas een experiment uit:

#### Materiaal:

- 3 anemometers met verschillende afmetingen van de basis, de verticale as en de armen die gemaakt zijn door de leerlingen (zie bovenstaande tabel)
- 1 ventilator
- 1 chronometer

#### Hypothese:

De leerlingen onderzoeken de hypothese: de anemometer met de langste armen draait het snelst.

#### Experiment:

- De leerlingen zetten de ventilator aan richting de anemometer
- Ze proberen verschillende snelheden en afstanden totdat de anemometer gaat draaien

- Voor iedere anemometer tellen de leerlingen het aantal rotaties per 30 seconden.
- De leerlingen zien dat de anemometer met de kortste lengte van de armen, het hardste draait

#### Conclusies:

De klas komt tot de volgende conclusie:

- Hoe korter de armen van de anemometer, hoe sneller deze draait
- Hoe langer de armen van de anemometer, hoe minder rotaties deze maakt
- De cups van de anemometer bewegen in een cirkel
- De lengte van de cirkel waarin de cups draaien is korter als de armen korter zijn



**Deze vergelijking gaat niet in op de afmeting van de cups. De invloed van de afmeting van de cups op het aantal rotaties kan apart met de leerlingen worden besproken.**

## STAP 4

### Meet de omtrek en de oppervlakte van de cirkel

De leerlingen hebben gezien dat de anemometer in een cirkel draait.

#### Wiskundeopdracht:

- De leerlingen lossen de volgende vraag individueel op:



**Hoe bereken je de omtrek van de cirkel die de anemometer maakt als deze draait?**

#### Metingen:

- Om de omtrek te meten, kunnen de leerlingen ieder materiaal gebruiken dat zij willen, bijvoorbeeld een stukje touw waarmee zij de lengte aangeven van de cirkel
- De studenten noteren de lengte van de cirkel = de **omtrek (C)**
- De leerlingen meten ook de **diameter (D)** en de **straal (r)** van de cirkel en noteren dat

## Vergelijking en observatie:

- Vraag de leerlingen om de **diameter** van hun cirkel te vergelijken met de **omtrek** van hun cirkel
- Leerlingen zien dat de omtrek ongeveer **driemaal groter** is dan de diameter van de cirkel

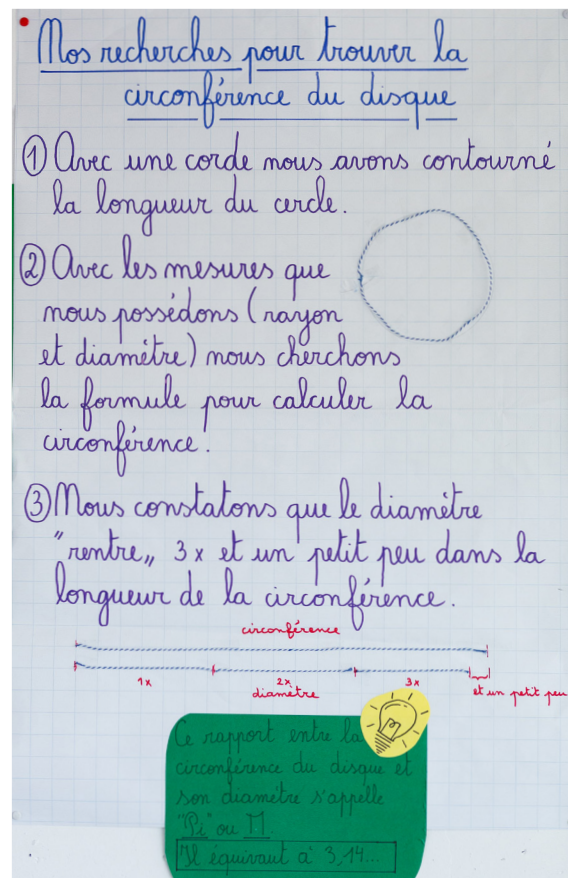
## Conclusies:

De leerkracht geeft uitleg over het cijfer Pi ( $\pi$ ) en de formule om omtrek en oppervlakte te berekenen:

- De verhouding tussen de omtrek van een cirkel en diens diameter wordt uitgedrukt als **Pi ( $\pi$ )**
- **Pi ( $\pi$ )** staat gelijk aan **3.14**
- De formule om de omtrek van een cirkel te berekenen is  **$C = \pi \times D$**
- De formule om de oppervlakte van een cirkel te berekenen is  **$A = \pi \times r \times r$**

FIG. 13

Leerlingen beschrijven hun eigen conclusies in hun schrift



1. We leggen een touwtje rondom de lengte van de cirkel
2. Door de straal en diameter te meten, kunnen we een formule bedenken die de omtrek kan berekenen van de cirkel die de anemometer maakt
3. We zien dat de omtrek ongeveer driemaal groter is dan de diameter van de cirkel



# MODULE 3

## DE TECHNIEK VAN DE WINDTURBINE

### OVERZICHT

Door video's te bekijken kunnen de leerlingen meer leren over de componenten van windturbines en hoe deze werken. Ze bouwen hun eigen windturbine en testen hoelang het duurt om de windturbine een gewicht van 20 gram te laten ophijzen.

### DOELGROEP

- Groep 5-6 (BE)/Groep 7-8 (NL) van de basisschool (10-12 jarigen)

### TIJDSDUUR

- Twee (50 min.) lessen om de video's en de virtuele tour van de windturbine te bekijken
- Vier (50 min.) lessen om de windturbines te bouwen en te testen
- Een les over grammatica is inbegrepen in deze tijdsduur

### ONDERWERPEN

- Natuurwetenschap/ technologie
- Natuurkunde
- Grammatica

### LEERDOELEN

Door het afronden van deze module verwerven de leerlingen de volgende kennis en vaardigheden:

#### Kennis

- Hoe werkt een windturbine, en uit welke componenten bestaat deze
- Begrip van opwaartse en weerstandskracht
- Begrip van energieopwekking door rotaties

#### Vaardigheden

- Presenteren van eigen inzichten/voorstellingen in de vorm van tekeningen en tekst
- Informatie opnemen uit een videodocumentaire
- Opstellen van een lijst met sleutelwoorden bij het bekijken van een video
- Een 3D model bouwen uit gebruikt materiaal

# LESPLAN

## MATERIALEN

Om een windturbine te bouwen in het klaslokaal zijn de volgende materialen nodig:

- Een schaalmodel van circa 20-50cm hoogte (b.v. Vestas of Siemens Gamesa)
- Plastic flessen van 1.5 of 2 liter met doppen
- Zand om de flessen te vullen voor stabilisatie
- Karton of papier voor de wieken
- Houten stokjes om de wieken op hun plaats te houden
- Een kurk om de wieken te bevestigen
- Plakband en (seconde)lijm
- Kleine generators voorzien van een klein LED-lampje
- 20 gram gewichtjes
- Een touwtje om de 20g gewichtjes te bevestigen
- Een ventilator

Bekijk de stap-voor-stap uitleg over het bouwen van een windturbine met gebruikt materiaal in het begeleidend materiaal voor leerkrachten.



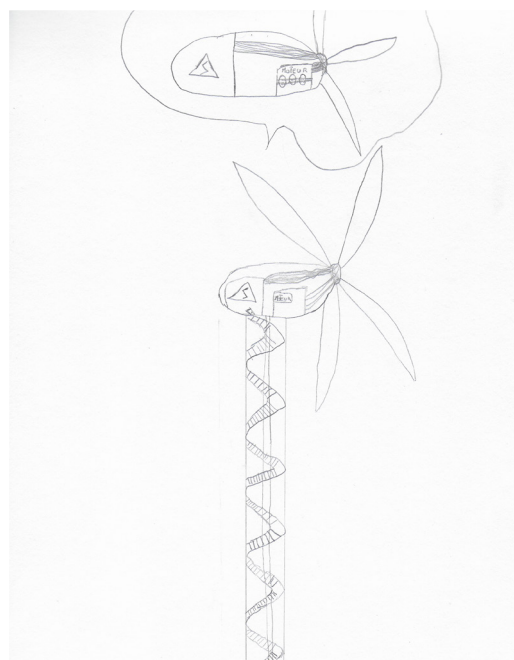
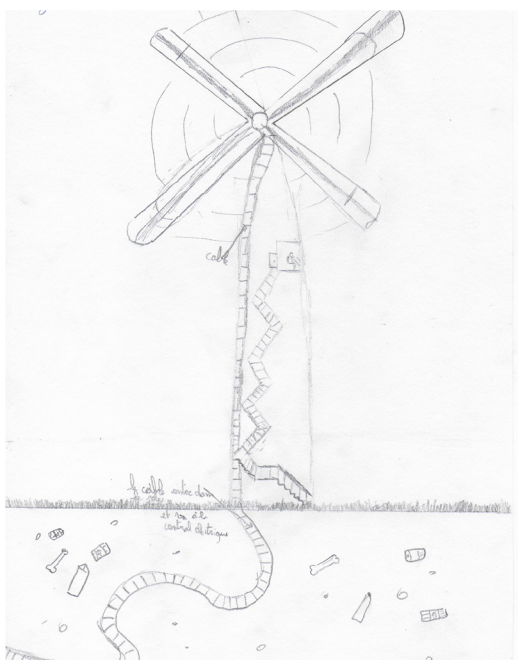
## METHODE

### STAP 1

#### Beoordelen van de kennis over windturbines

- Iedere leerling beantwoordt de volgende drie vragen waarbij ze hun gedachten over windturbines en windenergie beschrijven:
  - › Wat weet ik van windturbines?
  - › Waarom wil ik erover leren?
  - › Waarom is dit onderwerp belangrijk?
- Iedere leerling maakt een tekening van een windturbine en hoe deze werkt op basis van de kennis die ze al hebben of hoe zij dit zich voorstellen (fig. 14).
- De leerling geeft uitleg in een tekst bij de tekening
- Dit is het uitgangspunt voor de activiteiten die op het programma staan over de werking van een windturbine

FIG. 14 & 15





## Voorbeeld van een samenvatting door een leerling

### De buitenkant van een windturbine

#### 1. WIEKEN

- Meestal **drie**
- **Aerodynamische** vorm

#### 2. GONDEL

- **De windvaan** geeft de windrichting aan
- **De anemometer** meet de windsterkte
- **De bliksemafleider** zorgt dat de bliksem niet inslaat in de windturbine

#### 3. TOREN

- **80** meter hoog

### De binnenkant van een windturbine

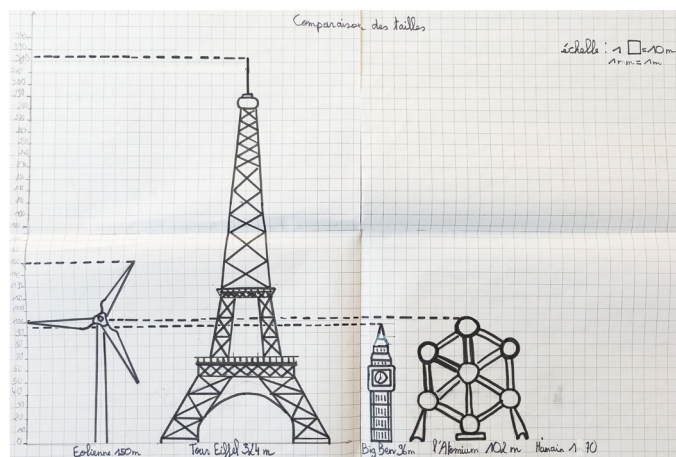
#### 4. GONDEL

- **De generator** zet de windenergie over in elektriciteit
- **Het zwenksysteem (yaw drive)** zorgt dat de wieken in de juiste richting staan
- **De tandwielkast** verhoogt de rotatie van de hoofdas als er niet genoeg wind is
- **De rotoras**
- **De noodrem** zet de turbine stil als er te veel wind is

### Afmeting van een moderne windturbine:

FIG. 16

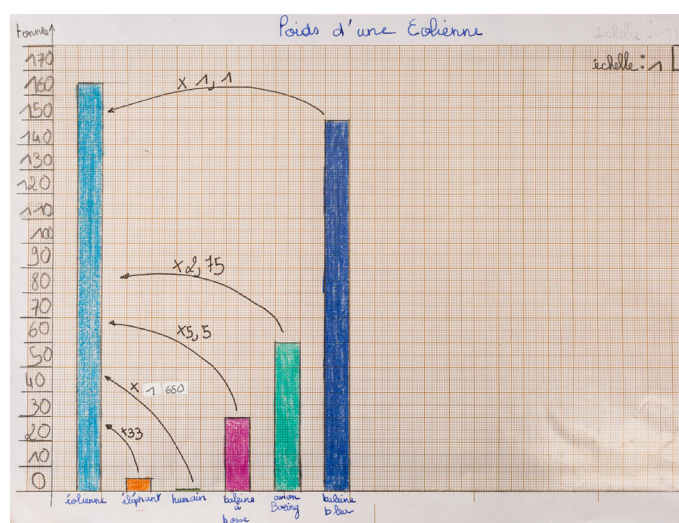
De leerlingen berekenen de hoogte van een windturbine (schaal 1cm = 10m)



### Gewicht van een windturbine:

FIG. 17

De leerlingen berekenen het gewicht van de windturbine vergeleken met een olifant, een mens, een bultrugwalvis, een Boeing vliegtuig en een blauwe walvis (schaal 1cm = 10 ton)



## STAP 2

### Leer hoe windturbines werken

- Om te beginnen bekijken alle leerlingen in de klas een video over de verschillende onderdelen van windturbines en hoe ze werken  
<https://www.youtube.com/watch?v=gHUJqTT3THU&>
- De leerlingen maken aantekeningen als ze de video bekijken

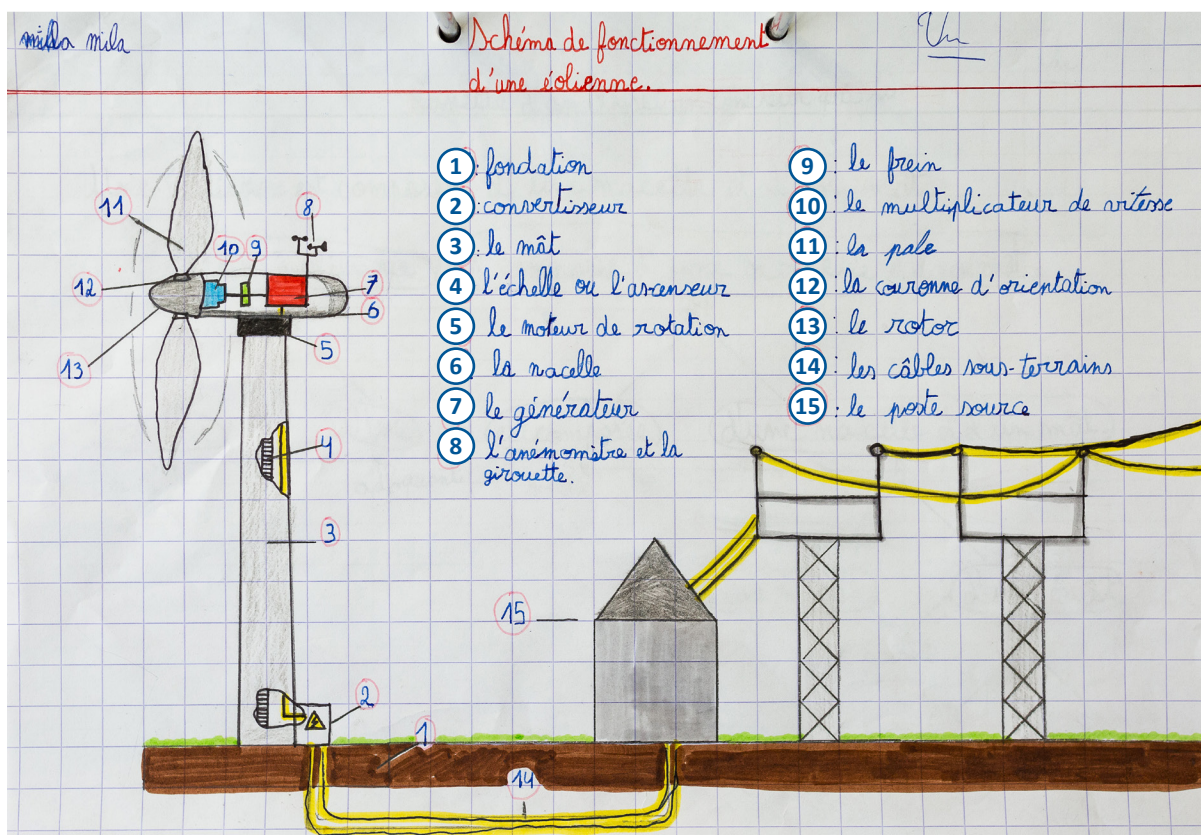
- Dan bekijken ze een schaalmodel van een kleine windturbine (20-50cm hoog, zoals een Vestas of Siemens Gamesa)
- Met al deze informatie maken ze dan een samenvatting over (zie vorige pagina):
  - › De buitenkant van een windturbine
  - › De binnenkant van een windturbine
  - › De afmeting van een moderne windturbine in vergelijking met gebouwen die ze kennen
  - › Het gewicht van een moderne windturbine

## STAP 3

### Maak een overzichtstekening van een windturbine

Met behulp van hun aantekeningen maken de leerlingen samen een overzichtstekening die de windturbine en de verschillende componenten weergeeft zoals hieronder:

FIG. 18



- |                                     |                           |                                |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Fundatie                         | 6. Gondel                 | 11. Wiek                       |
| 2. Aansluiting op elektriciteitsnet | 7. Generator              | 12. Controle voor wiekrichting |
| 3. Toren                            | 8. Anemometer en windvaan | 13. Naaf                       |
| 4. Toegangsladder of lift           | 9. Rem                    | 14. Ondergrondse kabels        |
| 5. Zwenksysteem (Yaw control)       | 10. Tandwielkast          | 15. Onderstation               |

## STAP 4

### Bouw een windturbine

- Om met succes een windturbine te bouwen in de klas krijgen de leerlingen de volgende uitdaging voorgelegd:
  - › **Bouw een windturbine met gebruikt materiaal die 20 gram gewicht zo snel mogelijk kan ophijsen** (maak gebruik van de stap-voor-stap handleiding in het begeleidend materiaal voor leerkrachten)
  - › **Uitleg over de uitdaging:** De omwenteling (of rotatie) van een windturbine ontstaat door het samenspel (de aerodynamische interactie) tussen de wieken en de wind. Er ontstaan dan twee soorten krachten. De opwaartse kracht zorgt voor de omwenteling en de weerstandskracht in tegengestelde richting van de bewegende wiek probeert de wiek af te remmen. De prestatie van de windturbine met een bepaalde diameter (in deze opdracht maximaal 30cm) hangt af van de vorm van de wiek en het aantal wieken. Om te zien welke turbine het beste presteert, experimenteren de leerlingen met verschillende vormen en aantallen van de wieken.
- De leerlingen worden verdeeld in groepen van 4. Zij kiezen dan hun materialen uit en bedenken hoe ze de turbine gaan bouwen. Ze moeten daarbij denken aan de **stand** van de wieken, hun **vorm**, de **afmeting** en het **materiaal**.
- Vul de flessen met zand om de basis stabiel te maken en verbind dan de generator. Gebruik een spie om deze aan de fles te bevestigen.
- Als de turbines zijn gebouwd, gebruikt iedere groep een ventilator om wind op te wekken.

### Instructie over de vorm en stand van de wieken:

In de klas kunnen verschillende soorten bladen worden gebruikt:

FIG. 19

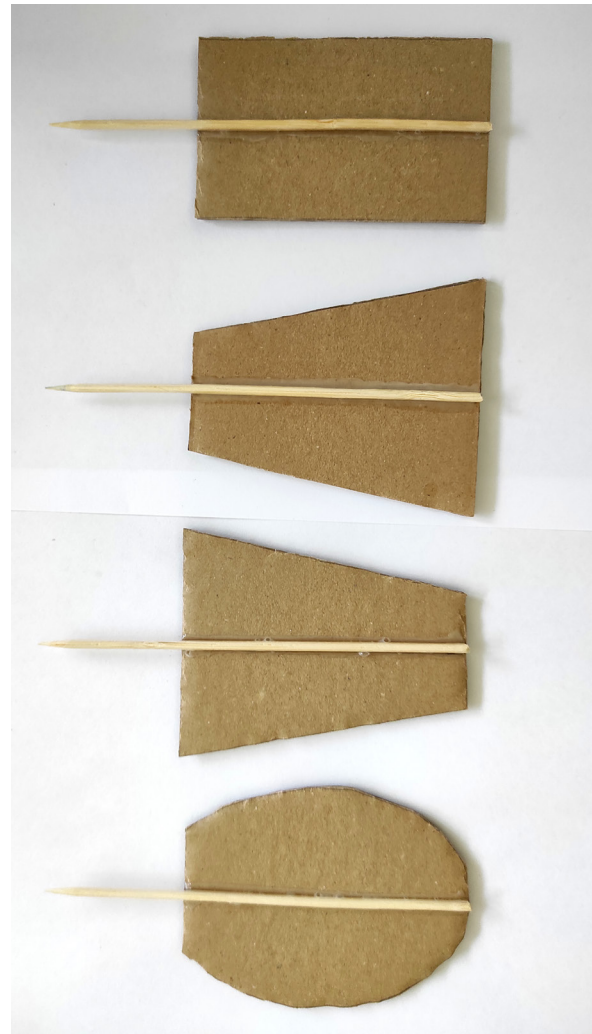
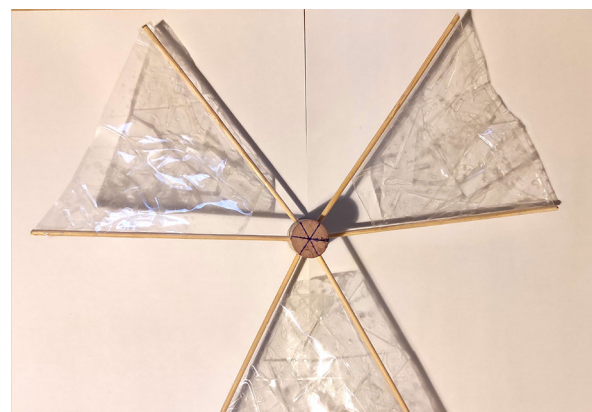


FIG. 20



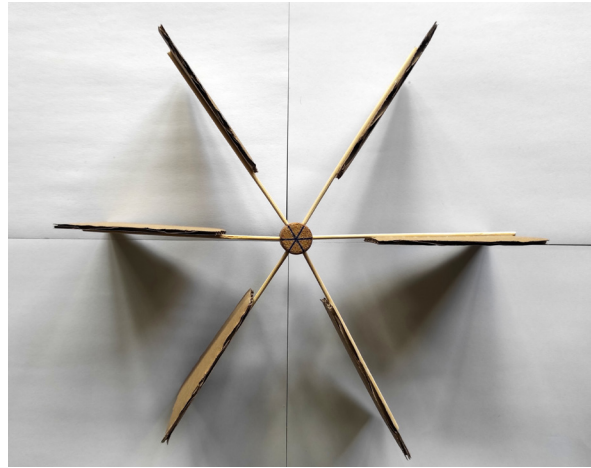
**FIG. 21**

*Op de foto zijn de wieken zo op de naaf bevestigd dat hun oppervlakte recht op de windstroom staat. Dan zal de rotor veel weerstand ondervinden en er is opwaartse kracht. De rotor zal dan niet gaan draaien.*



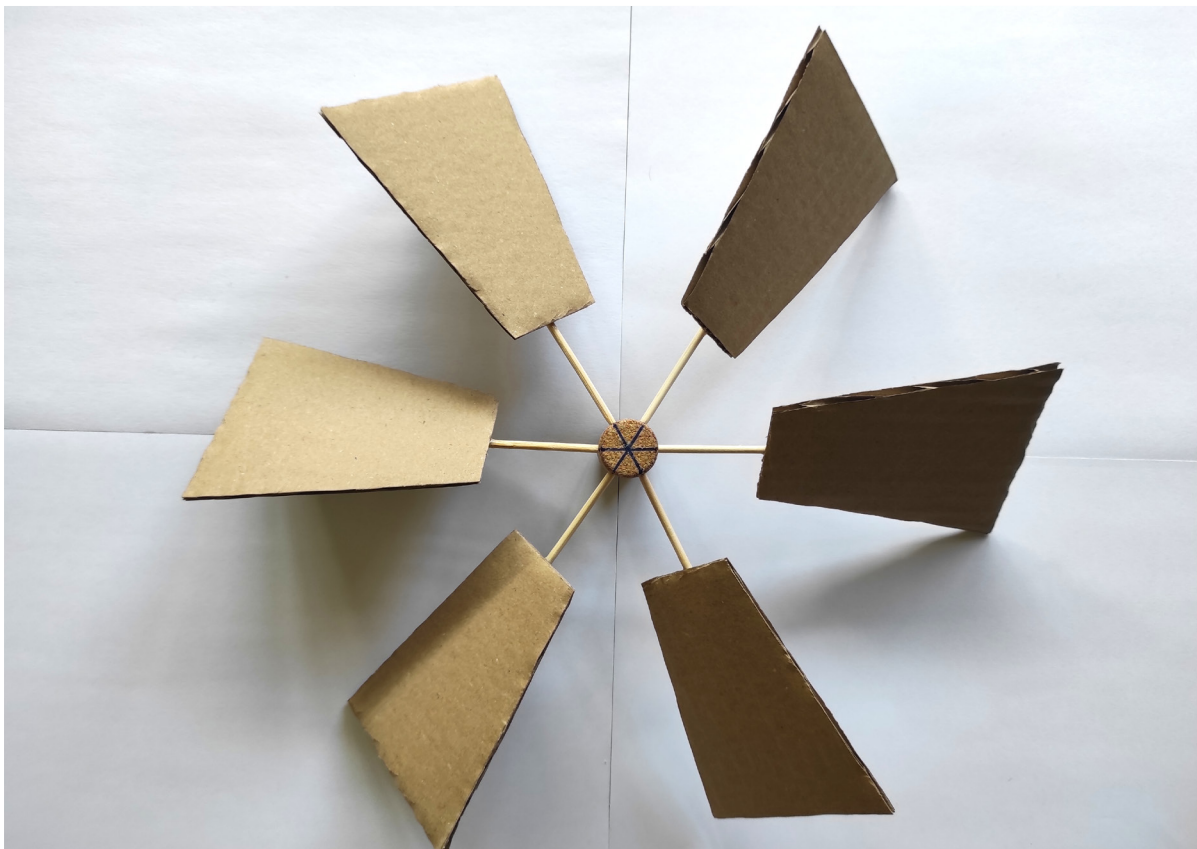
**FIG. 22**

*De windstroom is axiaal (de wind waait verticaal vanaf onze positie naar de foto), en zo zal de gehele windstroom tussen de wieken door passeren zonder deze te raken. Ook dan zal de rotor niet gaan draaien.*



**FIG. 23**

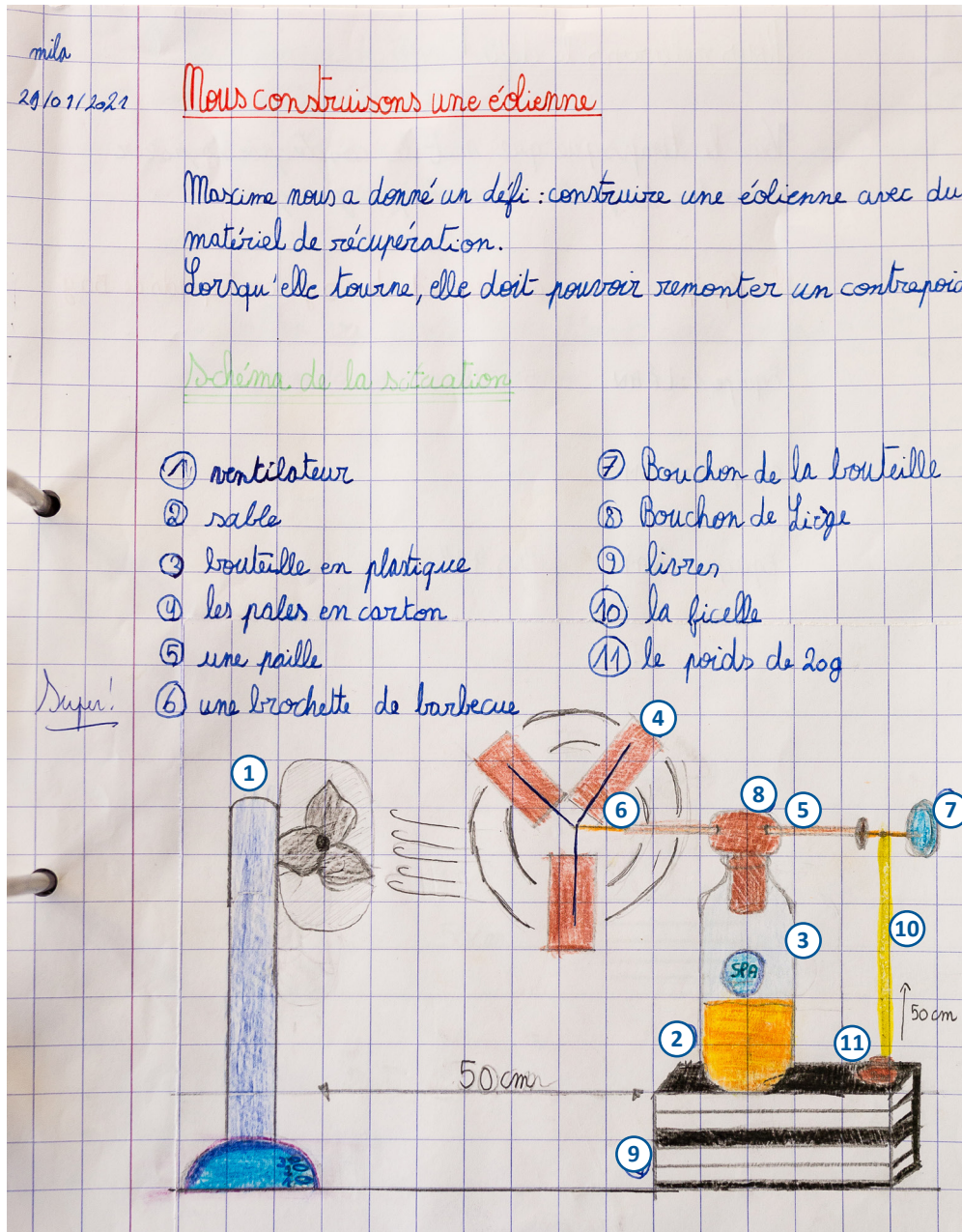
*De wieken zijn in een hoek van 45 graden geplaatst. Nu is er interactie tussen de windstroom en de wieken. De windstroom die tussen de bladen door passeert veroorzaakt een opwaartse kracht waardoor de rotor gaat draaien. We kunnen ook andere hoeken proberen om te kijken welke hoek het beste werkt voor ons rotorontwerp.*



## Bouwen van windturbines:

FIG. 24

Tekening van een leerling met uitleg over de constructie van de windturbine en de opdracht.



- |                     |                  |                    |
|---------------------|------------------|--------------------|
| 1. Ventilator       | 5. Rietje        | 9. Boeken          |
| 2. Zand             | 6. Houten stokje | 10. Touwtje        |
| 3. Plastic fles     | 7. Flessendop    | 11. 20gr gewichtje |
| 4. Kartonnen wieken | 8. Kurk          |                    |

**FIG. 25**

*Windturbines gebouwd door de leerlingen*



**FIG. 26**

*Leerling met haar windturbine*

**FIG. 27**

Windturbine gemaakt door een leerling, schaal 1:100



## De uitdaging;

Als iedereen klaar is met bouwen kan de uitdaging beginnen. De leerlingen leggen de tijd vast die nodig is om hun turbine een gewicht van 20 gram te laten ophijzen (zie onderstaande tabel).

**TABEL 5**

GROEP	TIJDSDUUR (SECONDES)
1	5.40
2	3.42
3	7.73
4	4.04

Deze uitdaging kan ook uitgevoerd worden met een zwaarder gewicht.

## STAP 5

### Grammaticales over nieuwe woorden

Om dit project begrijpelijker te maken, kan de leerkracht dit onderwerp gebruiken om een grammaticales te geven. Begrippen die ter sprake zijn gekomen bij de opdrachten vormen hiervoor de basis.

Voorbeeldzinnen:

- Een windturbine bestaat uit een gondel en een toren.
- De omwenteling (of rotatie) van een windturbine ontstaat door het samenspel (de aerodynamische interactie) tussen de wieken en de wind.
- De windstroom is axiaal





# MODULE 4

## OVER WIND

### INLEIDING

Door simpele experimenten uit te voeren, leren de leerlingen over het ontstaan van wind en waarom de wieken van een windturbine draaien. Ze kunnen de verschillende soorten wind bestuderen op een windkaart van de wereld. Een onderzoeksoopdracht leert de leerlingen meer over de geschiedenis van wind - van zeilschepen tot moderne windturbines. We gebruiken ons ademhalingsstelsel om windinstrumenten te bespelen. Hoe werkt dit systeem eigenlijk?

### DOELGROEP

Groep 5-6 (BE)/Groep 7-8 (NL) van de basisschool (10-12 jarigen)

### TIJDSDUUR

- Drie (50 min.) lessen over wind en experimenten
- Drie (50 min.) lessen om de windkaart van de wereld te bestuderen en de verschillende soorten wind
- Drie (50 min.) lessen over de geschiedenis van de wind

### ONDERWERPEN

- Natuurwetenschap/ technologie
- Natuurkunde
- Aardrijkskunde
- Geschiedenis

### LEERDOELEN

Door het afronden van deze module verwerven de leerlingen de volgende kennis en vaardigheden:

#### Kennis

- Wat is wind? Hoe ontstaat het?
- Algemeen begrip over aerodynamica
- Windsoorten in de wereld
- Historische periodes: levensstijlen en overtuigingen van verschillende beschavingen
- Het ademhalingsstelsel: werking en overzicht

#### Vaardigheden

- Gebruik van een wetenschappelijke onderzoeksmethode
- Formuleren van een hypothese en deze verifiëren
- Bestuderen van een wereldkaart en informatie verzamelen die relevant is voor het onderwerp
- Ordenen van deze informatie in groepen
- Onthouden van informatie en deze op beknopte wijze reproduceren
- Onderzoek van historische documenten en relevante informatie verzamelen
- Observatie van een ontleding en deze vastleggen in een tekening
- Een ontledingsrapport opstellen

# LESPLAN

## MATERIALEN

- Een glas gevuld met water
- Een stevige, gladde kaart
- Een ballon
- Plastic fles
- Heet water
- Koud water (ijswater)

## METHODE

### STAP 1

#### Beoordelen van het kennisniveau over wind

De leerlingen beantwoorden eerst deze vraag:



#### Wat weet ik van wind?

- De leerlingen beschrijven wat ze weten over wind in een tekening en tekst, bijvoorbeeld: Er is meer wind op zee dan op land.
- Iedere leerling geeft uitleg over de tekening en de tekst in de klas
- Dit is het uitgangspunt voor de activiteiten die op het programma staan over wind

### STAP 2

#### Experimenteren met wind en aerodynamica

## DEEL I WIND

Op basis van de aantekeningen van de leerlingen worden twee experimenten uitgevoerd om meer kennis over wind te verkrijgen. De experimenten worden uitgevoerd volgens een wetenschappelijke methode.

### EXPERIMENT 1

#### Luchtdruk, ook atmosferische druk genoemd

Een glas wordt tot de rand gevuld met water en bedekt met een kaart. Het glas wordt langzaam omgedraaid. Wat gebeurt er?

#### Hypothese:

De leerlingen maken hun eigen hypothese:

- Kleine luchtbellen stijgen op naar de oppervlakte
- Het papier van de kaart absorbeert water en blijft niet op zijn plaats
- De kaart blijft op zijn plaats

#### Observatie:

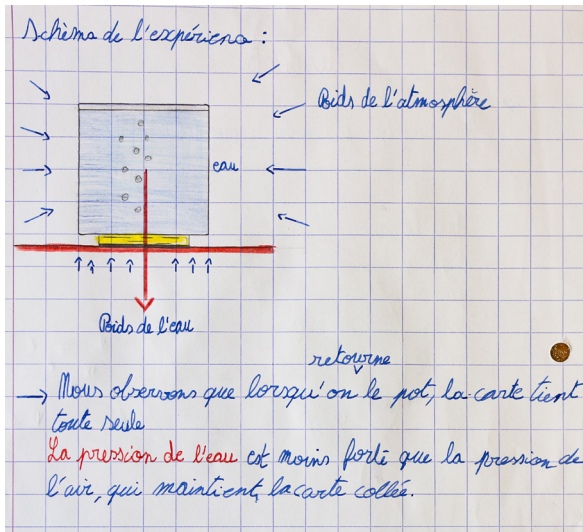
De leerlingen zien dat de kaart, bij het omdraaien van het glas, vast blijft zitten aan het glas en niet valt.

#### Interpretatie:

De leerkracht legt uit dat de druk van het water kleiner is dan de druk van de lucht. Het komt door deze druk van de lucht, ook wel de atmosferische druk genoemd, dat de kaart niet van het glas valt.

FIG. 28

Aantekening van een leerling over experiment 1 met luchtdruk.



## EXPERIMENT 2

### De effecten van temperatuurverschillen

- Verwijder de dop van een fles en plaats de opening van een ballon over de flessenhals
- Plaats de fles met de ballon in een schaal met heet water en daarna in een schaal met koud (ijs)water

Wat gebeurt er?

#### Observatie:

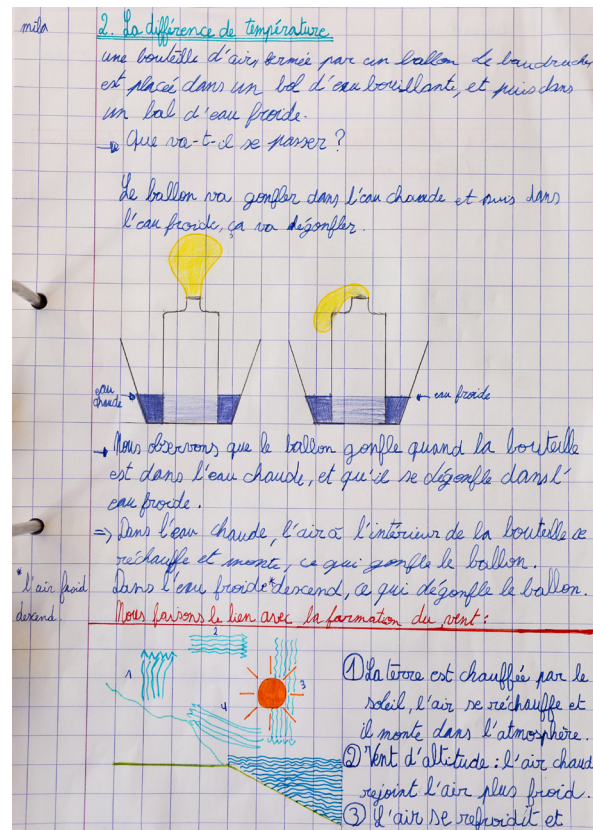
De ballon vult zich met lucht als de fles in het hete water staat en de lucht verdwijnt uit de ballon als de fles in het koude water staat.

#### Interpretatie:

De leerkracht legt uit dat in heet water de lucht in de fles opwarmt, uitzet en opstijgt, waardoor de ballon zich vult met lucht. In **koud water**, daalt de koude lucht en daarom verdwijnt de lucht uit de ballon.

FIG. 29

Aantekening van een leerling over experiment 2 over de effecten van temperatuurverschillen.

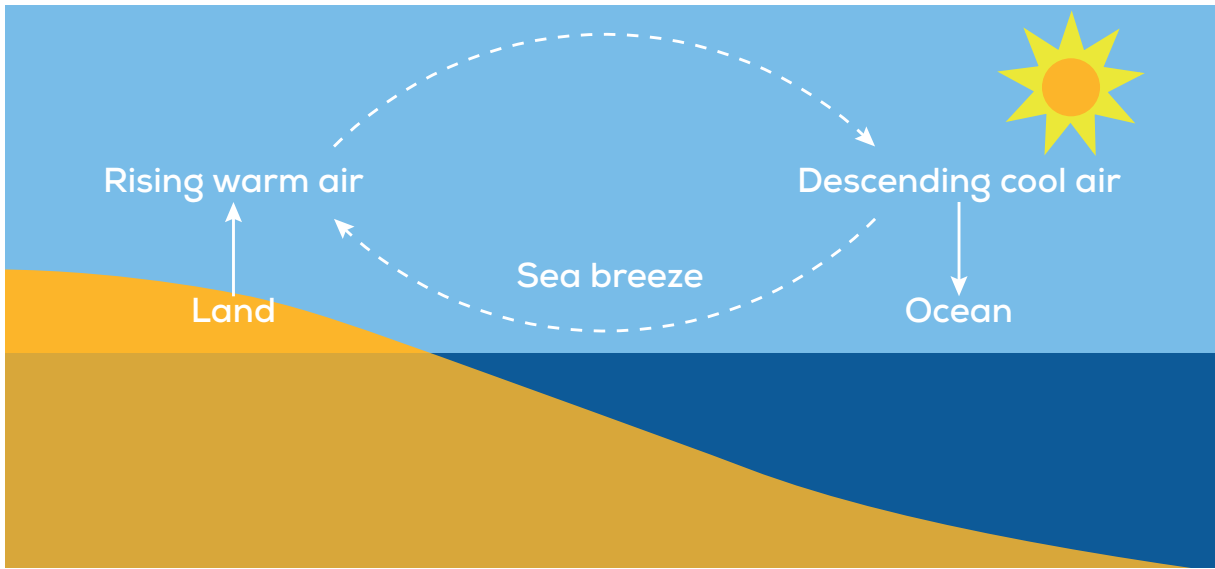


## DE RELATIE MET HET ONTSTAAN VAN WIND

De leerkracht en leerlingen bespreken de resultaten van de twee experimenten en stellen zich voor hoe wind ontstaat:

- De zon verwarmt het ene deel van de atmosfeer anders dan andere delen
- Als de aarde wordt verwarmd door de zon warmt de lucht op, zet uit en stijgt op in de atmosfeer waardoor de druk in warmere gebieden vermindert ten opzichte van koudere gebieden
- De lucht in koudere gebieden koelt af en daalt waardoor er een hogere luchtdruk ontstaat
- Lucht verplaatst zich altijd van hogere luchtdrukgebieden naar lagere luchtdrukgebieden en de beweging van de lucht die daardoor ontstaat is wind (Fig. 30)

FIG. 30



## DEEL II AERODYNAMICA

### WEDSTRIJD:

De wieken van een moderne windturbine hebben een vorm die lijkt op een vliegtuigvleugel. Om te begrijpen hoe de interactie tussen de wieken en de wind werkt, organiseert de leerkracht een wedstrijd tussen de leerlingen om te laten zien hoe een vliegtuig kan vliegen:

**!** In groepen van twee bouwen de leerlingen een papieren vliegtuigje en laten deze zo ver mogelijk vliegen.

- De wedstrijd vindt plaats in een gang van het schoolgebouw, beschermt tegen wind
- De leerlingen zien dat sommige vliegtuigjes verder vliegen dan andere
- De leerlingen meten de afstanden die zijn afgelegd door de vliegtuigjes en leggen deze vast in een tabel

*\* Deze oefening kan ook gebruikt worden om de begrippen lengtemaat en afstand toe te lichten.*

### ONDERZOEKSVRAAG:

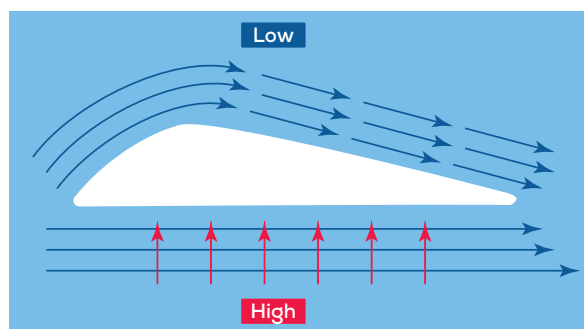
De leerkracht vraagt de leerlingen:

**?** Waarom vliegen sommige vliegtuigjes verder dan andere?

Om deze vraag te beantwoorden moeten de leerlingen een hypothese opstellen door de papieren vliegtuigjes te vergelijken met een echt vliegtuig.

**FIG. 31**

*Doorsnede van een windturbinewiek met een platte kant en een kant met een rondere vorm.*



### HYPOTHESE

**TABEL 6**

*Voorbeelden*

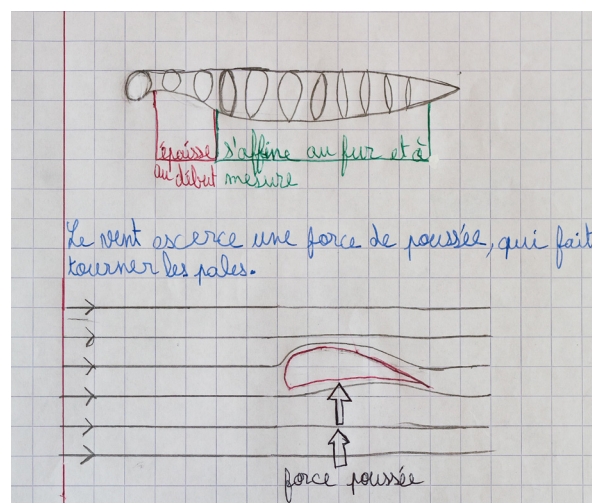
PAPIEREN VLIEGTUIG	ECHT VLIEGTUIG
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dun en licht</li> <li>• Puntige uiteindes</li> <li>• De vorm van de vleugel is belangrijk</li> <li>• De vleugels zijn symmetrisch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De vleugels zijn afgerond aan de bovenkant en plat aan de onderzijde: depressie</li> <li>• De luchtdruk tilt het vliegtuig op</li> </ul>

### UITLEG:

- De wind in figuur 31 die zich beweegt langs de langere, afgeronde kant van de vleugel veroorzaakt een lagere druk terwijl de wind die zich bevindt onder de vleugel dezelfde druk houdt. Daardoor ontstaat er een drukverschil.
- Vleugels zijn zo ontworpen dat de lucht sneller langs de bovenzijde beweegt. Als de lucht sneller beweegt, daalt de luchtdruk. Dus de druk op de bovenkant van de vleugel is dan lager dan aan de onderkant van de vleugel. Het verschil in druk zorgt dat er een opwaartse kracht ontstaat.
- Bij een windturbine zorgt de opwaartse druk op de wieken voor een draai beweging die zorgt voor een torsie die gelijkstaat aan het draaimoment van de generator.

**FIG. 32**

*Aantekening van een leerling. De opwaartse druk zorgt voor een draai beweging die de wieken laat draaien.*



### STAP 3

#### Bestudering van de windkaart van de wereld en soorten wind

- De leerlingen bekijken de windkaart van de wereld b.v. de windkaarten van januari en februari 2021
- Ze schrijven de namen van lokale winden op
- De leerkracht bereidt een uitleg en omschrijving voor op posters over iedere lokale wind
- Deze posters worden getoond in de gangen van de school
- De leerlingen maken een samenvatting van elke poster in een tekst of mindmap. Daarvoor lopen ze rustig door de gangen van de school om de posters van de leerkracht te lezen en aantekeningen te maken. Ze schrijven alle belangrijke informatie op. De leerlingen mogen elke poster maximaal driemaal bezoeken.

#### Voorbeeld van een samenvatting van een leerling over de posters met lokale winden:

- De **Sirocco** is een sterke wind uit Afrika. Deze ontstaat in Algerije, Marokko en Tunesië en kan zelfs Griekenland, Sicilië en soms helemaal de Alpen bereiken. De snelheid kan oplopen tot 100km per uur.
- De **Harmattan** is een wind die waait in Oost en Noordoost Afrika. De wind voert veel zand mee en kan het zicht belemmeren voor vliegtuigen. De Harmattan waait in de winter van december tot januari. De wind komt voor als de dagen heel heet zijn en de nachten heel koud.
- De **Alizé** is een normale wind die waait in de Tropen. Op het Noordelijk halfrond waait deze in de richting noordoost en op het Zuidelijk halfrond waait deze wind in de richting zuidwest.
- Een **blizzard** is een sneeuwstorm in combinatie met harde wind. Je kan in een blizzard maar enkele meters om je heen zien.
- **Tropische cyclonen** zijn tropische stormen met onweer en veel wolken. De wolken en wind draaien om het oog van de cycloon, waar het juist heel rustig weer is. De storm verplaatst zich voortdurend en vernietigt alles op zijn pad.

FIG. 33  
Globale windmap.





**FIG. 35**

De posters worden in volgorde van tijdsperiodes in de klas opgehangen.



## STAP 5

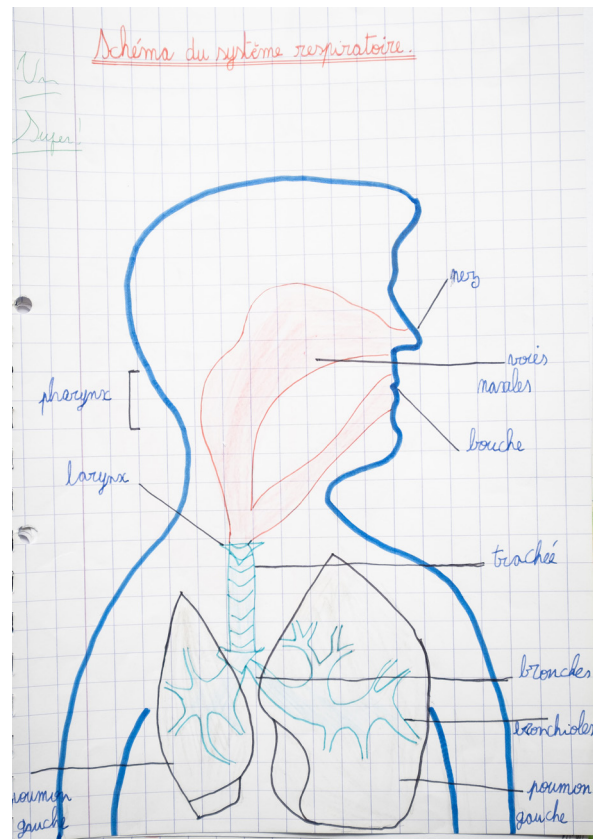
### Bestudering van het ademhalingsstelsel

Om de leergang begrijpelijk te maken, kan de leerkracht het onderwerp wind gebruiken om uitleg te geven over het ademhalingsstelsel. In de eerdere opdrachten hebben de leerlingen kennisgemaakt met voorbeelden uit de hele wereld en ook met verschillende muziekinstrumenten waarbij wind gebruikt wordt. Hierbij gebruiken we ons ademhalingsstelsel.

- Leerlingen maken een voorstelling van het ademhalingsstelsel op basis van hun kennis of hoe zij zich dit voorstellen
- Om dit te ondersteunen voeren zij een ontleding van een varkenslong uit
- Iedere leerling maakt een tekening van de longen en beschrijft deze met tekst
- De leerlingen voeren onderzoek uit naar de longen en het ademhalingsstelsel en maken hun eigen samenvatting met afbeeldingen

**FIG. 36**

Voorstellingen van het ademhalingsstelsel





# BEGELEIDEND MATERIAAL VOOR LEERKRACHTEN

Deze toolkit biedt begeleidend materiaal voor de leerkracht die het onderwijspakket over windenergie wil gebruiken. Ontworpen door windenergie-experts, krijgen de leerkrachten nuttige informatie over de onderwerpen in iedere module. Dit helpt hen om de lessen voor te bereiden en de kennis over te dragen aan de leerlingen. De proeven kunnen uitgevoerd worden met behulp van gebruikt en betaalbaar materiaal.



Het ondersteunend materiaal bevat de volgende informatie en kan hier worden gedownload



## Theoretische aspecten

- Het begrip energie, in verschillende vormen en soorten
- Het begrip aerodynamica, hoe dit de vorm van windturbinevleugels verklaart en hun interactie met de wind
- Het begrip van lucht en atmosferische druk
- De Europese windkaart
- Hoe meten we wind?
- Basiscomponenten van een windturbine

## Activiteiten en experimenten in de klas

- Soorten energie
- Energieomzetting
- Atmosferische druk en het ontstaan van wind

## Bespreking in de klas

- Duurzaam tegenover niet-duurzame energiebronnen, de voordelen en de nadelen

## YouTube videos

- Virtuele tours in en rondom een windturbine

## Stap-voor-stap handleidingen en instructies

- Bouw een anemometer en voer metingen uit
- Bouw een windturbine en laat deze draaien
- Maak een windvaandel en bepaal de windrichting

Voor meer informatie zijn de volgende bronnen te raadplegen:

### Onderwijsmateriaal:

- Wind with Miller
- Alliant Energy Kids
- Energy student resources
- NEED Curriculum Resources
- Wind for Schools

### WindEurope LearnWind gratis middelen:

- **Let the wind blow** (boek & video)  
Geeft uitleg over klimaatverandering en windenergie
- **When I Grow up** (boek)  
Inspireert jongeren om een loopbaan in de schone energie te kiezen
- **Wind Energy Basics** (animatie)  
Geeft uitleg over windenergietechnologie
- **Offshore Wind 4 Kids** (workshops)  
Toont hoe windturbines op zee werken

## AUTEURS:

Yamina Guidoum, WindEurope

Petros Chasapogiannis, National Technical University of Athens

Maxime Pousseur, Ecole Singelijn Primaire

Dimitrios Kanellopoulos, International Hellenic University

Malgosia Bartosik, WindEurope

Reviewed by the Science Communication Committee of The European Academy of Wind Energy:

Prof. Carlos Ferreira, Technical University of Delft, Chair

Dr. Merete Badger, Technical University of Denmark

Prof. Marco Belloli, Politecnico di Milano

Dr. Todd Griffith, University of Texas, Dallas

Dr. Wim Munters, von Karman Institute for Fluid Dynamics

## REDACTEURS:

Rory O'Sullivan, WindEurope

## DESIGN:

Lin Van de Velde - Drukvorm

## FOTO'S:

Jason Bickley

## MET DANK AAN:

Wij bedanken Dominique Paquot, het hoofd van de basisschool Singelijn Basisschool in Brussel, die ons welkom heette op zijn school en met enthousiasme de uitdaging aanging om deze pilot voor het schoolproject over windenergie op te pakken.

De leerkracht Maxime Pousseur en zijn leerlingen die maandenlang hebben gewerkt aan dit project, ondanks de COVID-19 beperkingen. Ze gaven nooit op, ze waren altijd creatief en bedachten oplossingen om dit project succesvol te kunnen blijven uitvoeren en afronden.

Professors Petros Chasapogiannis en Dimitris Kanellopoulos, voor hun tijd en toewijding om Maxime en de leerlingen te ondersteunen bij deze pilot..



B+



A+B

!?



!?





---

Gepubliceerd in 2022.

Het copyright van deze publicatie berust uitsluitend bij WindEurope vzw en European Academy of Wind Energy. Deze publicatie is uitsluitend voor educatieve doeleinden en mag in geen geval voor commerciële doeleinden worden gebruikt. WindEurope asbl/vzw en European Academy of Wind Energy hebben het exclusieve recht om deze publicatie te bewerken. WindEurope vzw en European Academy of Wind Energy aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor de publicatie van enige bewerkte of onrechtmatig gereproduceerde kopieën van deze publicatie.

Als u geïnteresseerd bent in het verspreiden of het vertalen van deze Toolkit, neem dan contact op met [yamina.guidoum@windeurope.org](mailto:yamina.guidoum@windeurope.org)

Als u een leerkracht bent die deze toolkit op uw school inzet, ontvangen we graag uw feedback via [yamina.guidoum@windeurope.org](mailto:yamina.guidoum@windeurope.org).

**Wind**<sup>•</sup>  
**EUROPE**

Belliardstraat 40, 1040 Brussel, België  
T +32 2 213 1811 · F +32 2 213 1890  
[windeurope.org](http://windeurope.org)

In samenwerking met:

**eawe**  
european academy of wind energy

**école**  
**Singelijn**