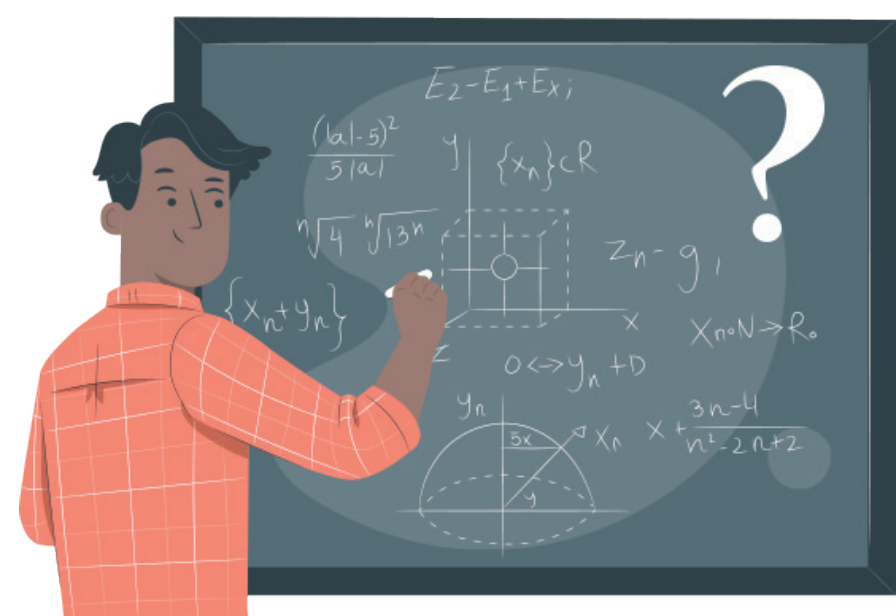


LES ÉOLIENNES

d'Energy Observer



LA CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE

1 - ÉNERGIE CINÉTIQUE DU VENT EN ÉNERGIE DE ROTATION

Le vent possède de l'énergie liée à sa vitesse. Lorsque le vent souffle dans les ailes de l'éolienne, il provoque leur mise en mouvement. L'énergie du vent est convertie en énergie de rotation.

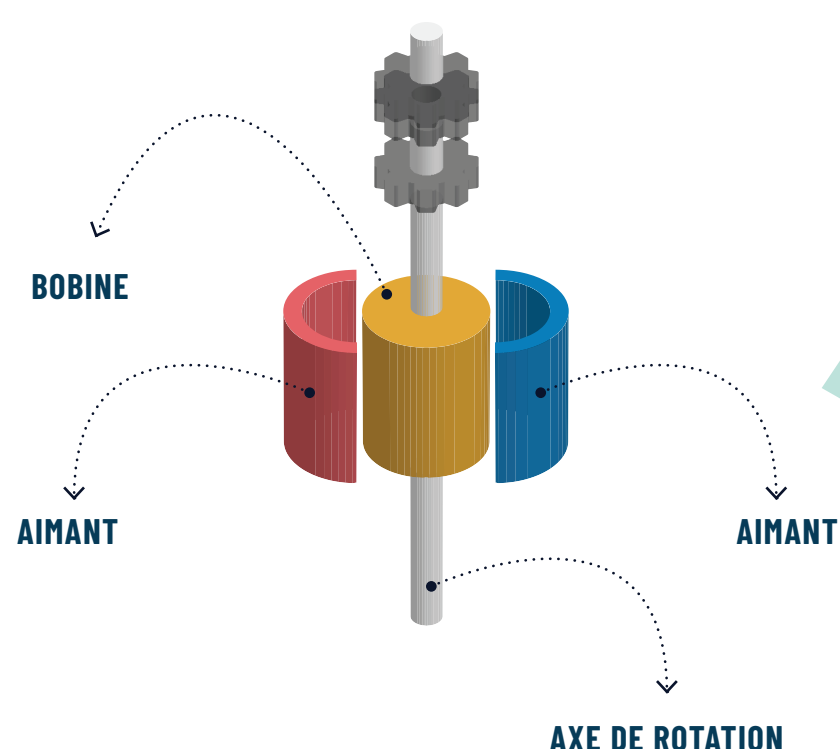
Les éoliennes du bateau Energy Observer sont dotées d'un axe vertical. La rotation des ailes se fait autour de l'axe vertical appelé rotor.

Les pales de l'éolienne sont réalisées de manière à être aérodynamiques et pouvoir facilement réceptionner le vent. Elles sont fabriquées avec des matériaux légers et résistants (fibres de verre et fibres de carbone).

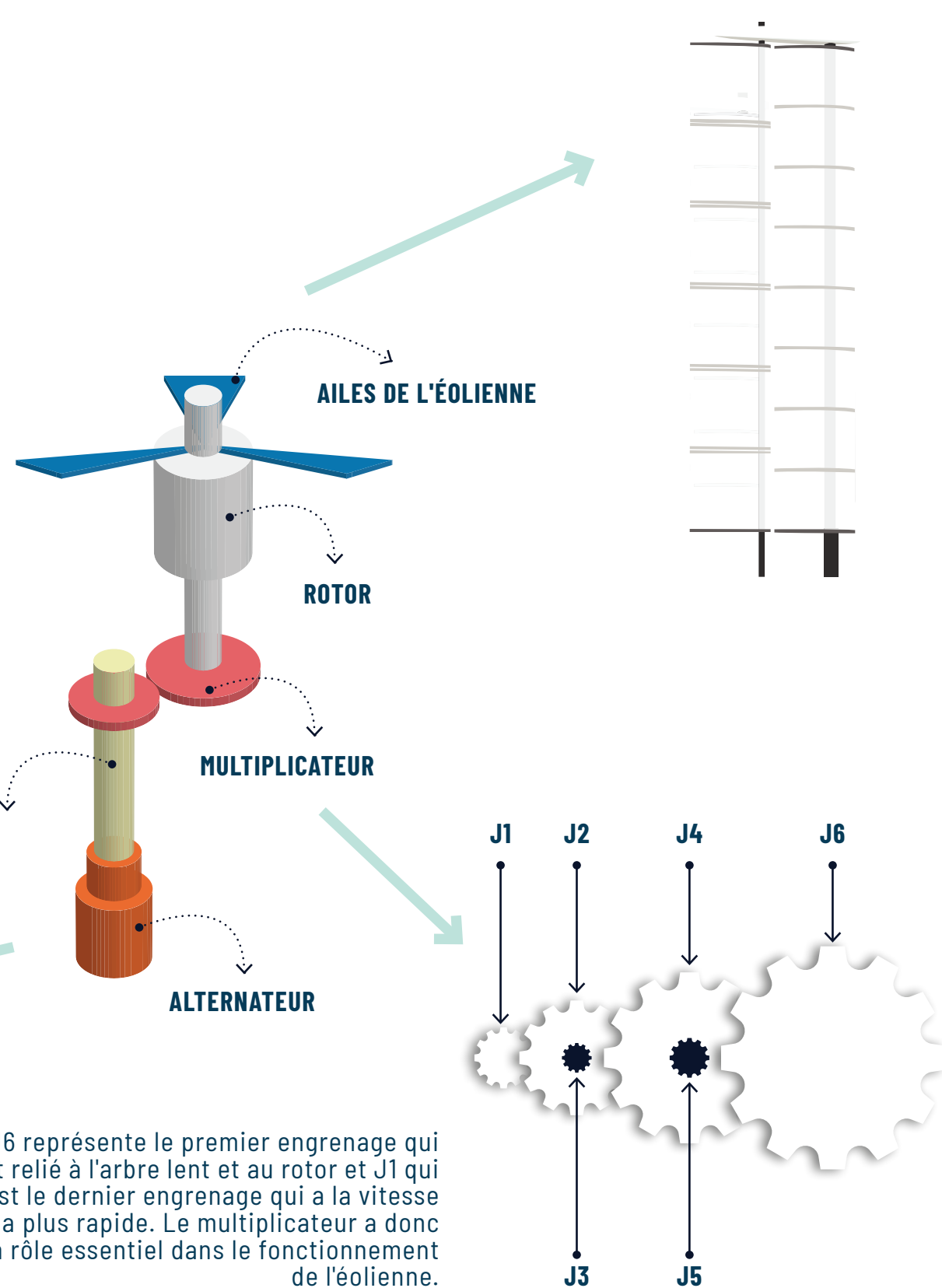
2 - ÉNERGIE MÉCANIQUE DE ROTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

L'énergie du vent est transmise à l'arbre principal de l'éolienne. Cependant, même avec un vent très fort, la vitesse de rotation des pales est trop faible pour produire de l'électricité, c'est pourquoi on utilise un multiplicateur. Il est constitué d'un ensemble d'engrenages et augmente la vitesse de rotation de l'arbre principal en la multipliant.

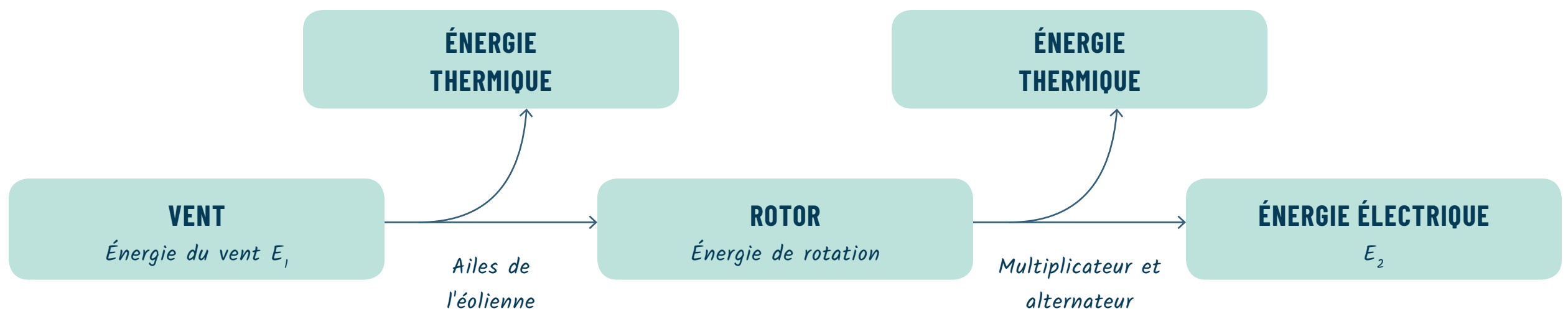
Le multiplicateur est ensuite relié à l'arbre rapide qui transmet la vitesse de rotation à un alternateur. La mise en rotation d'aimants au voisinage des fils de cuivre d'une bobine produit de l'électricité.



AXE DE L'ALTERNATEUR



2 · SCHÉMA DE LA CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE



3 · RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

Le rendement énergétique R d'une éolienne correspond au rapport de l'énergie électrique E_2 récupérée sur l'énergie apportée par le vent E_1 .

$$R = \frac{E_2}{E_1} \times 100$$

ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ET PERFORMANCES

1 · ÉOLIENNES ET AILE DE TRACTION

A. DE 2017 À 2019

Eoliennes à axe vertical

Bien qu'il constitue une ressource inépuisable en mer, le vent reste encore difficile à exploiter pour le transport maritime à grande échelle, en dehors des gréements de voiliers traditionnels qui imposent de nombreuses contraintes (câbles, renforts, structures, lests, etc...). Lors de ses deux premières campagnes de navigation en France et en Méditerranée, Energy Observer a testé deux éoliennes à axe vertical pour la production d'énergie, ainsi qu'un kit de traction pour la réduction des dépenses d'énergie.



Développées avec l'ICAM de Nantes, elles ont été choisies pour l'absence de bruit, leur système antivibratoire et surtout la capacité à capter le flux quelle que soit sa direction. L'objectif était de miser sur la mixité énergétique et de bénéficier d'un appoint nocturne ou lorsque les conditions se dégradent.

Si cette solution reste intéressante en escale ou pour le stationnaire, elle s'est révélée inefficace pendant les navigations dès que le vent de face dépassait les 12 ou 13 nœuds : en raison d'un fardage trop important, elles faisaient consommer au bateau plus qu'elles ne produisaient. Dès que le vent apparent, composante du vent vitesse et du vent réel, arrive de l'avant du bateau, les éoliennes produisent plus mais leurs traînées aérodynamiques freinent le navire. Inversement, lorsque le vent apparent arrive de l'arrière, elles agissent comme un gréement mais produisent peu d'électricité.

Avec une puissance fournie théorique de 1,5 kWh par éolienne, et bien qu'elles soient efficaces en termes de bruit et de vibrations, les éoliennes à axe vertical ont donc été débarquées en 2019 : l'une a rejoint un projet stationnaire développé pour AccorInvest, et la seconde a été conservée à Saint-Malo pour d'autres projets d'Energy Observer.

Sur un bâtiment urbain, dans des flux irréguliers en direction comme en force, respectueuses de leur environnement comme des habitants, ces éoliennes méritent sans doute de poursuivre leur développement.



Ailes de traction

Cette technologie d'aile dynamique (qui effectue des 8 en l'air à grande vitesse pour augmenter son pouvoir de traction) est développée par Beyond the Sea, entre autres. Destinée à soulager les dépenses énergétiques du navire, elle a été testée lors du tour de France d'Energy Observer.

Des navigations essentiellement côtières, de nombreux changements de cap ont fait que le bateau était peu adapté pour manœuvrer ces ailes, qui représentaient trop de contraintes et de risques. Avec un système de lancement et de pilotage optimisé et sur de grandes traversées, l'équipage continue de croire que cette technologie peut réduire significativement les dépenses énergétiques du navire, mais son développement mérite encore beaucoup d'investissements.

C'est pourquoi ils ont embarqué de nouveau en 2020, durant leur transatlantique, un « LibertyKite », une aile stationnaire de secours qui a fait gagner 0,5 nœuds au bateau lorsqu'elle était utilisée. Cette aile est très simple à lancer, n'a pas besoin d'être pilotée et s'avère être un système efficace et très sûr, notamment en cas de panne totale.



Depuis 2019

Depuis 2019, le navire teste un tout nouveau système prometteur : des ailes de propulsion automatique. Ces Oceanwings® permettent de réduire la consommation énergétique du navire, d'accélérer sa vitesse mais aussi de produire de l'énergie et de l'hydrogène tout en naviguant.

12 mètres d'envergure

Ces ailes Oceanwings® sont donc les plus grandes testées et développées à ce jour en conditions réelles. Elles sont le fruit d'un concept breveté par VPLP design, construites en partenariat avec la CNIM. Energy Observer va ainsi permettre un retour d'expérience inédit pour le transport maritime du futur. Les ailes, d'une surface de 31,5 m² chacune, sont autoportées et rotatives à 360°. Elles puisent leur inspiration et leur expérience des ailes rigides de l'America's Cup dont l'efficacité aérodynamique est bien supérieure aux voiles traditionnelles. Une raison fondamentale a néanmoins limité leur développement : leur rigidité, justement. Il leur manquait jusqu'ici la capacité de réduction de surface, autrement dit l'arissage et l'affalage, comme sur un gréement classique.

À bord d'Energy Observer, les Oceanwings® ne font pas seulement office de gréement, elles démultiplient véritablement les performances du navire. Leur installation sur les deux flotteurs du navire permet de :

- Accélérer la vitesse, en complément des moteurs électriques. C'est un cercle vertueux, la propulsion électrique permettant de stabiliser les flux aérodynamiques sur les ailes, qui à leur tour soulagent la propulsion.
- Réduire les dépenses énergétiques, en venant soulager les moteurs électriques
- Augmenter la production d'énergie pendant les navigations grâce à la production d'énergie hydrolienne (inversion des moteurs électriques en hydrogénérateurs)

2 · RÉDUCTION DES DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES

L'installation des Oceanwings® à bord d'Energy Observer constitue une première étape pour réduire l'impact environnemental du transport maritime mondial. D'après des simulations réalisées sur un panel très large de bateaux, les résultats sont extrêmement prometteurs : de 18 à 42 % de dépenses énergétiques en moins. A bord d'Energy Observer, cette économie est évaluée à environ 35 % par les ingénieurs.

Un chiffre significatif lorsque l'on sait que 90 % du commerce mondial transite par la mer. Le transport maritime est aussi responsable d'une forte pollution de l'air en rejetant dans l'atmosphère des polluants tels que les particules fines, les oxydes d'azote (NOx) et de soufre (SOx).

3 · HYDROGÈNE VERT (ENCART « FOCUS SUR UN EXEMPLE D'HYDROGÈNE VERT »)

La région des Pouilles est la première région productrice d'énergie éolienne d'Italie. Un quart des parcs éoliens s'y trouvent et produisent 4359 GWh, soit un quart de la production d'énergie éolienne italienne.

La crise économique, qui frappe le pays depuis bientôt 10 ans, a mis à mal le réseau électrique. Dans les Pouilles, région très rurale et marginalisée, 40 % de l'électricité éolienne se perd. Ce manque à gagner s'appelle Mancata produzione aeolica (Manque de Production Éolienne) et intéresse de nombreux chercheurs du secteur de l'énergie.

L'équipe d'Energy Observer est allée rencontrer le professeur Nicola Conenna qui travaille depuis 3 ans sur le sujet. Afin de profiter du MPA de la région, celui-ci prévoit d'installer une centrale de production d'hydrogène vert, qui permettrait de conserver cette énergie gaspillée, et d'alimenter l'industrie en H₂.

« Le projet Accadueaccadia (qui signifie H2 Accadia en italien) prévoit d'utiliser l'énergie actuellement produite par des parcs éoliens au nord des Pouilles, explique le professeur Nicola Conenna, physicien expert en hydrogène. Toutes les conditions y sont réunies pour y commencer une production d'hydrogène parmi les plus importantes d'Europe ».

Ce projet prévoit d'utiliser les 4 parcs éoliens autour de la ville montagneuse d'Accadia, où sera implantée une station de fabrication et de distribution d'hydrogène. Actuellement en cours de développement, il bénéficiera à la fois à la communauté locale et à la planète.



ENERGY OBSERVER : UN MODÈLE PÉDAGOGIQUE

1. PROJETS PÉDAGOGIQUES

Nous vous proposons de mener un projet en équipe avec l'aide de votre professeur(e). La restitution prendra la forme de votre choix (cahier de laboratoire, diaporama, photos, vidéos ...) et sera valorisée lors de la semaine du développement durable par Energy Observer et Universcience.

Existe-t-il des éoliennes autour de chez vous ou de votre lycée ? Sont-elles à axe vertical ou horizontal ? Quelle est leur puissance ? Avec quels matériaux les ailes (ou pales) sont-elles fabriquées ?

Pouvez-vous fabriquer une éolienne au laboratoire de votre lycée avec votre professeur(e) ? Avec quels dispositifs pouvez-vous convertir l'énergie du vent en énergie électrique ?

Quelle est la part d'électricité produite par les éoliennes en France ?

2. PROGRAMMES DES BULLETINS OFFICIELS BO DE L'ÉDUCATION NATIONALE

- Programme physique chimie seconde http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/98/9/spe634_annexe_1062989.pdf
- Programme physique chimie première STL SPCL http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/86/4/spe645_annexe3_22-1_1063864.pdf
http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/86/6/spe645_annexe4_22-1_1063866.pdf
- Programme physique chimie première ST2S http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/55/3/spe642_annexe2_1063553.pdf
- Programme physique chimie première STI2D http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/85/6/spe591_annexe2_22-1_1063856.pdf
- Programme physique chimie première STI2A http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/62/0/spe643_annexe3_1063620.pdf
- Programme physique chimie première générale http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/43/2/spe635_annexe_1063432.pdf
- Programme physique chimie terminale générale https://cache.media.education.gouv.fr/file/SPE8_MENJ_25_7_2019/92/9/spe249_annexe_1158929.pdf

Niveau	Contenus	Capacités	Compétences
Seconde			
1 ^{ère} technologique			
1 ^{ère} générale			
Terminale			

3. RESSOURCES SUR LES ÉOLIENNES

→ Dessalement de l'eau de mer

<https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/comment-ca-marche-le-dessalement-de-l-eau-de-mer>

→ Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres

<https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-physique/thermodynamique-chimique/le-dessalement-de-l-eau-de-mer-et-des-eaux>

→ L'osmose

<https://www.fondation-lamap.org/fr/page/16834/losmose>

→ Énergie osmotique

<https://www.connaissancesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-osmotique>

