

2. Notions fondamentales

2.2 – Énergie

2.2.2 – Formes de l'énergie

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

Département de génie mécanique

Victor Aveline, M.ing.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Définitions
- Les formes de l'énergie
- Classifications
- Conclusion

Question

- Quelle est la forme naturelle de l'énergie?
 - L'énergie thermique
 - L'énergie solaire
 - De petites balles
 - L'énergie n'a pas de forme naturelle
 - Aucune de ces réponses



ENR2020

Question

- L'énergie thermique - **Faux**; cependant, c'est une forme d'énergie extrêmement répandue.
- L'énergie solaire - **Faux**; cependant, c'est la forme d'énergie qui a été, directement ou indirectement, essentielle au développement de la vie sur Terre et de l'humanité.
- De petites balles - **Faux**; cependant, puisque l'énergie est un concept, on peut l'illustrer de diverses façons pour aider sa compréhension, incluant des petites balles.
- L'énergie n'a pas de forme naturelle - **Vrai**. L'énergie est un concept, et n'a pas vraiment de "forme".
- Aucune de ces réponses - **Faux**; une des réponses, "L'énergie n'a pas de forme naturelle", est exacte.

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Définitions
- Les formes de l'énergie
- Classifications
- Conclusion

Introduction et objectifs

- L'énergie est partout autour de nous, sous différentes formes.
- Nous n'exploitons pas l'énergie au sens propre, nous exploitons le passage de l'énergie d'une forme à une autre forme.
- Cette capsule permet d'obtenir une vision d'ensemble sur les formes de l'énergie, celles qui sont familières et autour de nous, et celles qui sont moins familières ou simplement plus difficiles à appréhender.

Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation
 - Préciser quelles sont les différentes manifestations de l'énergie;
 - Proposer une classification des formes de l'énergie;
 - Présenter les principales formes de l'énergie.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Définitions***
- Les formes de l'énergie
- Classifications
- Conclusion

Définitions

On retrouve le concept d'énergie dans toutes les branches de la physique :

- En mécanique : énergie cinétique, potentielle
- En thermodynamique : lois de la thermodynamique, chaleur, transfert thermique
- En électromagnétisme : énergie électrique, magnétique
- En chimie : réaction exothermique, explosion, combustion, énergie de changement d'état
- En mécanique quantique
- En physique nucléaire
- En astronomie (plus particulièrement en astrophysique)

Définitions

- **Une source d'énergie** : un phénomène naturel ou artificiel qui libère de l'énergie. Pour être précis, un phénomène qui convertit l'énergie, car tout est une question de conversion, l'énergie ne se crée pas.
- **Une forme d'énergie** : c'est la manifestation de la présence d'énergie dans un système donné. Chaque manifestation a ses caractéristiques propres.
 - Il est théoriquement possible de définir **une forme d'énergie** pour chaque système existant (inventé ou non par l'homme). Mais en fait, il est possible de simplifier le modèle en considérant qu'il n'existe que 2 ou 3 formes de l'énergie qui se manifestent parfois de manières différentes selon les systèmes.
- **Un système énergétique** : un moyen de conversion ou de stockage de l'énergie pour passer d'une forme à une autre.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Définitions
- ***Les formes de l'énergie***
- Classifications
- Conclusion

Les formes de l'énergie

Il est difficile de toujours arriver à présenter une distinction nette entre les différentes formes d'énergie :

- Par exemple, au Québec, lorsque l'on parle d'énergie hydraulique, on fait nécessairement référence à l'hydro-électricité obtenue par barrages.
- Mais cette énergie hydraulique est une des énergies possibles qui font appel au potentiel de l'eau.
- On verra plus loin plusieurs énergies d'origine hydraulique, les unes cycliques (vagues), d'autres de courants (marées et barrages), d'autres thermiques (OTEC) ou enfin chimiques (osmose).

Les formes de l'énergie

Il est difficile de toujours arriver à présenter une distinction nette entre les différentes formes d'énergie :

- Par ailleurs, l'énergie thermique est parfois présente dans l'eau (OTEC, étangs salins solaires), parfois sensible, parfois latente.
- Et pourtant, elle origine d'**énergie cinétique** des atomes et molécules.
- Cette énergie thermique est due à des mouvements, mais les modèles usuels qui la décrivent sont très différents de ceux de la mécanique classique.

Les formes de l'énergie

- **Énergie cinétique**

De manière générale, l'énergie cinétique est l'énergie associée au mouvement des corps (objets, personnes, matière, particules, photons...).

Il est possible de faire une différence entre l'énergie cinétique microscopique, à l'échelle des atomes, et l'énergie cinétique macroscopique, à l'échelle humaine.

Dans le premier cas, les mouvements des atomes, électrons et molécules donnent toujours lieu à de l'énergie thermique, discutée en dernier dans cette section.

Les formes de l'énergie

- **Énergie cinétique macroscopique**

Elle est associée à tout déplacement de corps dans un référentiel considéré comme statique. Elle est composée d'une partie liée à la translation de l'objet et d'une partie liée à sa rotation.



$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J_{\Delta}\omega^2$$

Les formes de l'énergie

- **Énergie potentielle gravitationnelle**

C'est l'énergie que possède un corps du fait de sa position dans un champ de pesanteur.

$$E_{pp} = mg\Delta z$$

Avec

Δz , la distance entre le point de référence et la position du corps (sachant que le vecteur formé par ces deux points doit être colinéaire au champ de pesanteur) : souvent la hauteur par rapport au sol.

Le champ de pesanteur terrestre n'est qu'une approximation locale du champ de gravitation. La loi de la gravitation universelle de Newton relie les deux. On parle de champ de gravitation en mécanique céleste.



Les formes de l'énergie

- **Énergie potentielle élastique**

C'est l'énergie potentielle emmagasinée dans un corps à caractère élastique lorsque ce dernier est compressé ou étiré par rapport à sa position naturelle. Lorsque la force comprimant ou étirant le corps cesse, le corps tend naturellement à retourner à sa position naturelle : l'énergie potentielle se convertit alors en énergie cinétique.

$$E_{pe} = \frac{1}{2} kx^2$$

Avec

k , la raideur ; et x , l'allongement (positif ou négatif) par rapport à la position au repos.

Dans cette catégorie, on retrouve l'énergie acoustique qui est la propagation d'une onde par déformation élastique d'un fluide.



Dans un arc, de l'énergie potentielle élastique est emmagasinée dans les branches lors de la tension de la corde

Les formes de l'énergie

- **Énergie potentielle pneumatique**

C'est l'énergie emmagasinée dans un gaz (fluide compressible) du fait qu'il est comprimé par rapport à une pression de référence (souvent la pression atmosphérique). L'air comprimé peut être vu comme une forme d'énergie potentielle élastique.

Les vérins sont un exemple d'application de l'air comprimé pour obtenir un mouvement mécanique.

Les formes de l'énergie

- **Énergie mécanique**

C'est la forme d'énergie liée au mouvement d'un corps ou à sa position dans l'espace. L'énergie mécanique dépend de trois facteurs : la vitesse d'un objet, sa masse et sa position par rapport aux objets environnants.

- Plus la vitesse d'un objet est élevée, plus son énergie mécanique est grande.
- Plus la masse d'un objet est élevée, plus son énergie mécanique est grande.
- Plus un objet est situé en hauteur, plus son énergie mécanique est grande.

L'énergie mécanique d'un système s'exprime comme la somme de son énergie cinétique macroscopique E_c et de son énergie potentielle E_p (de pesanteur ou élastique).

$$E_m = E_c + E_p$$

Les formes de l'énergie

- **Énergie hydraulique = énergies de l'eau**

On la réduit souvent aux barrages hydroélectriques, mais elle comprend :

- L'énergie cyclique (houlomotrice)
- L'énergie des courants ou hydrolenne (dont les barrages sont les exemples les plus connus)
- L'énergie thermique (des mers et océans, Ocean Thermal Energy Conversion)
- L'énergie chimique (osmotique)

Les formes de l'énergie

- **Énergie hydraulique cyclique (houlomotrice ou énergie des vagues)**

C'est l'énergie contenue dans le **mouvement de la houle**, c'est-à-dire dans les vagues successives nées de l'effet du vent à la surface de la mer et parfois propagées sur de très longues distances.

Il existe un vaste inventaire de solutions houlomotrices pour transformer cette énergie en électricité : capture d'énergie mécanique en surface (ondulations) ou sous l'eau (translations ou mouvements orbitaux), capture des variations de pression au passage des vagues (variations de hauteur d'eau) ou encore capture physique d'une masse d'eau (via une retenue).



Système Pelamis, Portugal

Les formes de l'énergie

- **Énergie hydraulique des courants (hydrolienne)**

C'est l'énergie cinétique des courants marins due aux différences de température, au vent, à la force de Coriolis (rotation terrestre), les marées... ou des courants fluviaux (sous l'effet de la gravité). Elle est parfois confondue avec d'autres formes d'énergie également exploitées par des hydroliennes mais ayant des origines différentes (énergie marémotrice et dans les barrages hydroélectriques). Elle a pour caractéristique d'être prévisible et abondante : en France, le potentiel estimé est d'environ 3 GW pour la partie marine.



Cape Sharp Tidal, une coentreprise créée par OpenHydro, filiale de DCNS, et Emera, a immergé une première hydrolienne dans la baie de Fundy au Canada, en 2016. 2 MW pour 500 habitants de Nouvelle-Ecosse.

Les formes de l'énergie

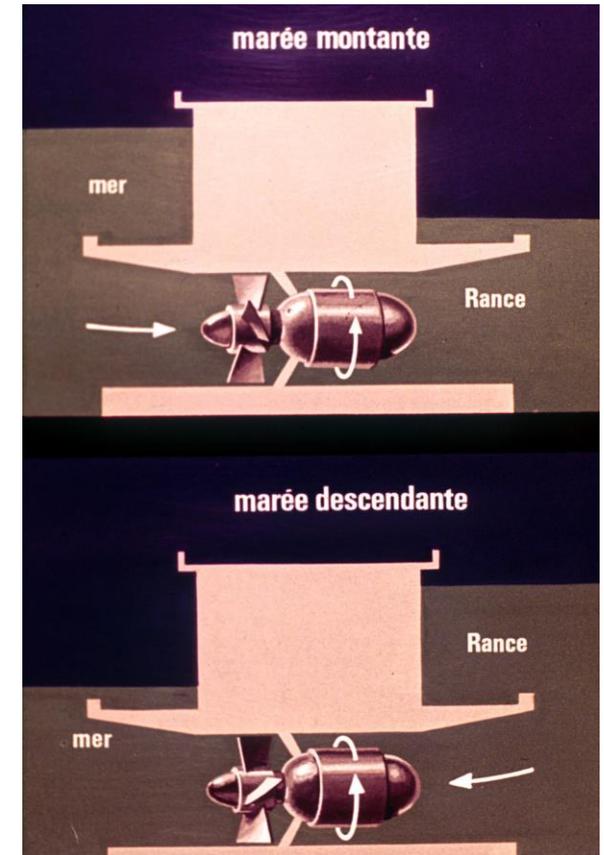
- **Énergie hydraulique (marémotrice)**

Pour certains, ce n'est pas un type d'énergie hydraulique, puisque son origine vient exclusivement des attractions gravitationnelles du Soleil et de la Lune sur la Terre, ainsi que de la rotation terrestre. Elle est utilisée sous forme d'énergie potentielle (grâce à l'élévation du niveau de la mer) et/ou sous forme d'énergie cinétique (grâce aux courants des marées).

-> Des moulins à marées dès l'époque Romaine.

Usines marémotrices :

- Usine de la Rance : 1^{ère} au monde, 1966 -> 500 à 600 GWh/an
- Centrale d'Annapolis Royal, Nouvelle-Écosse, 1984 -> 50 GWh/an
- Usine de Sihwa Lake, Corée du Sud, 2011 -> 540 GWh/an



<https://www.flickr.com/photos/departmentofenergy/11841650714/in/photostream/>

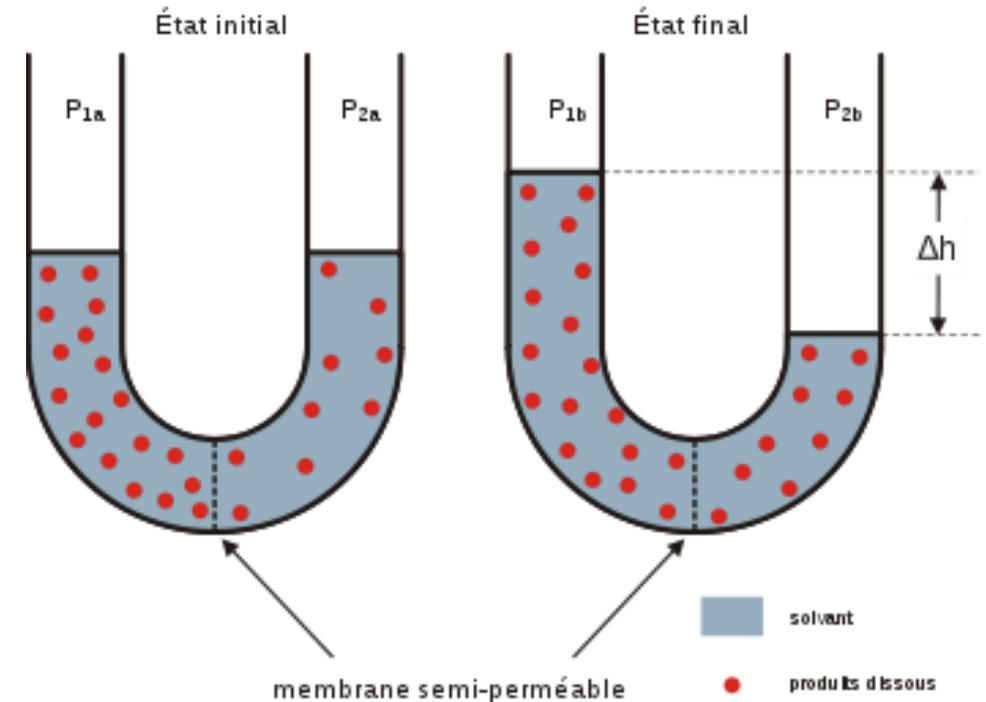
Les formes de l'énergie

- **Énergie hydraulique chimique (osmotique)**

L'énergie qu'il est possible d'exploiter en profitant du phénomène d'osmose qui se produit en continu au niveau d'une membrane semi-perméable séparant des masses d'eau de salinité différente.

Une forme d'énergie chimique.

Le phénomène inverse sert à la désalinisation de l'eau de mer : l'osmose inverse.



Osмосe : Il y a transfert de solvant jusqu'à équilibre des pressions osmotique et hydrostatique.

Image Wikipédia

Les formes de l'énergie

- **Énergie éolienne**

C'est aussi une énergie de courant; elle désigne la puissance emmagasinée dans le vent. Plus le vent est fort et dense et plus celui-ci possède d'énergie éolienne. Peut être considérée comme une forme d'énergie cinétique.

Cette énergie tire son origine de l'énergie solaire, responsable des différences de températures dans l'atmosphère terrestre, et donc de la formation des vents.



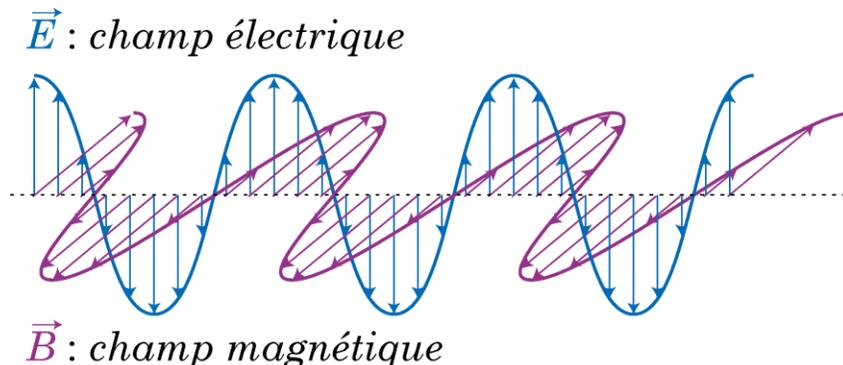
Les formes de l'énergie

- **Énergie électromagnétique**

C'est l'énergie du champ électromagnétique (combinaison du champ magnétique et du champ électrique) contenu dans un volume donné de l'espace, à un instant donné.

Comme la lumière, cette énergie est régie par les lois de l'électromagnétisme.

Cette forme d'énergie en regroupe beaucoup d'autres: énergie électrique, énergie magnétique, énergie chimique, énergie radiative...



<http://sciences-physiques-et-chimiques-de-laboratoire.org/mod/glossary/showentry.php?eid=6&displayformat=dictionary>

Les formes de l'énergie

- **Énergie électrique (la plus noble)**
- L'électricité n'est pas une forme de l'énergie à proprement parler.
- La confusion est souvent faite; c'est plutôt un vecteur d'énergie entre deux systèmes.
- On dit souvent que l'électricité est la forme la plus noble d'énergie, c'est-à-dire la moins dégradée.



Les formes de l'énergie

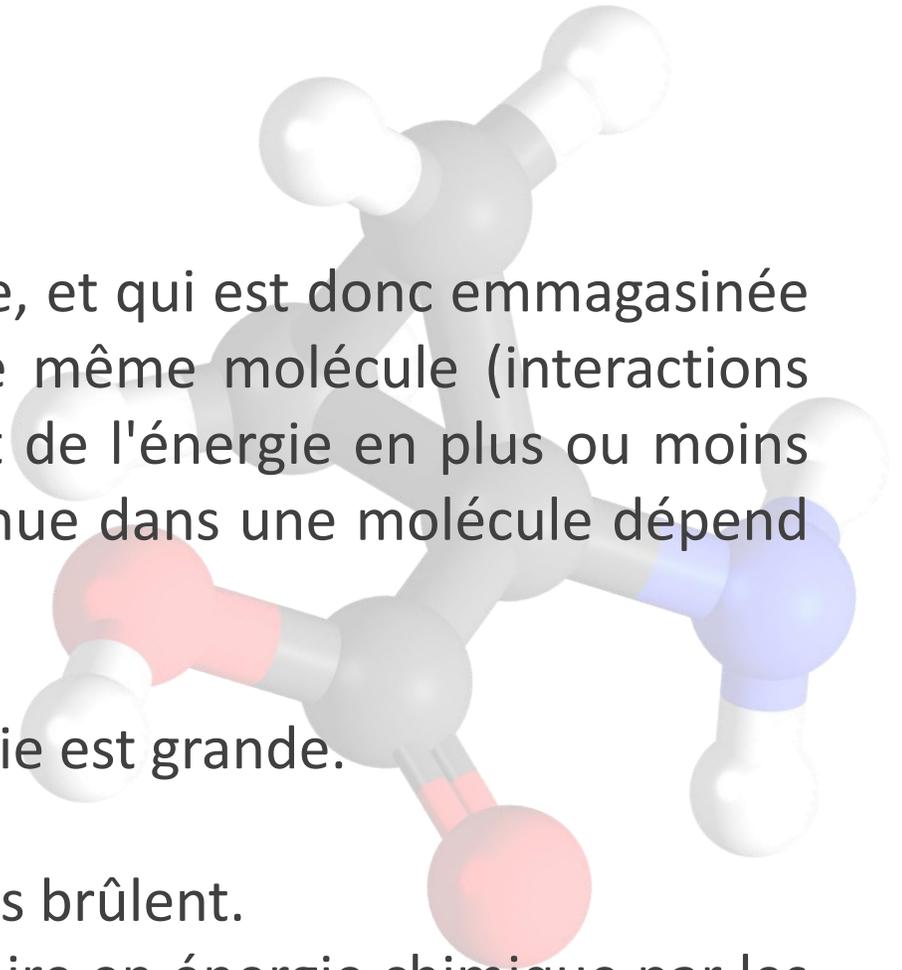
- **Énergie chimique**

C'est l'énergie qui sert à assurer la cohésion moléculaire, et qui est donc emmagasinée dans les liaisons chimiques qui lient les atomes d'une même molécule (interactions électromagnétiques). Toutes les molécules contiennent de l'énergie en plus ou moins grande quantité. La quantité d'énergie chimique contenue dans une molécule dépend de la force et du nombre de liaisons atomiques :

- Plus la liaison est forte, plus l'énergie est grande.
- Plus le nombre de liaisons est grand, plus l'énergie est grande.

Les combustibles libèrent de l'énergie chimique lorsqu'ils brûlent.

La photosynthèse est la transformation de l'énergie solaire en énergie chimique par les végétaux. Regroupe toutes les énergies liées à l'exploitation de la biomasse.



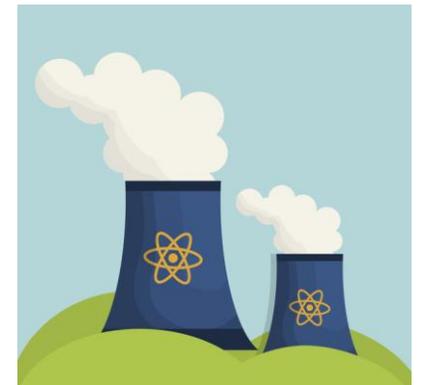
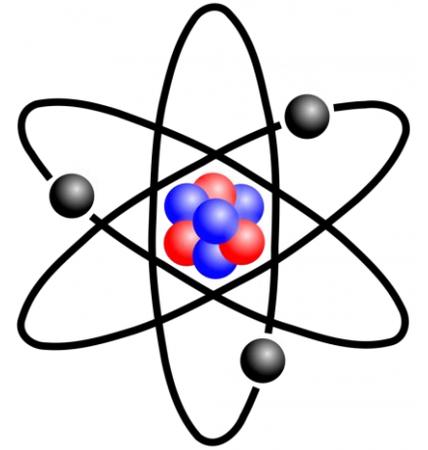
Les formes de l'énergie

- **Énergie nucléaire**

En physique des particules, l'énergie nucléaire est associée à la **force de cohésion des nucléons**, la force nucléaire forte (protons et neutrons) au sein du noyau des atomes. La force nucléaire faible régit les réactions entre particules et neutrinos.

Cette énergie est libérée lors des réactions de fusion nucléaire (au sein des étoiles comme le Soleil, d'une bombe thermonucléaire ou pour le projet ITER) et de fission nucléaire (l'application civile des centrales nucléaires en passant par les énergies thermique, mécanique et électrique, l'application militaire des bombes atomiques et la propulsion navale et spatiale).

Dans l'atome d'hydrogène, l'énergie nucléaire est environ 250 000 fois plus grande que l'énergie chimique. Mais l'énergie nucléaire ne représenterait que 1% de l'énergie de masse décrite par Einstein.



Les formes de l'énergie

- **Énergie rayonnante ou radiative**

Elle est contenue et transportée par les ondes électromagnétiques, dont la lumière. La quantité d'énergie transportée par une onde répond à deux principes :

- À quantités égales, plus la longueur d'onde est courte, plus l'énergie transportée est importante. Par exemple, les ondes radio, de grande longueur d'onde, transportent peu d'énergie mais voyagent sur une longue distance. À l'inverse, les rayons X ne peuvent pas se déplacer sur une longue distance, mais leur courte longueur d'onde transporte davantage d'énergie, ce qui explique qu'elles peuvent traverser certaines substances.
- Plus une source émet de rayonnement, plus elle émet d'énergie.

Les formes de l'énergie

- **Énergie rayonnante ou radiative**

Application: Les fours à micro-ondes dégagent de l'énergie rayonnante qui devient de l'énergie thermique au contact des aliments.

L'énergie solaire en est une de ses manifestations.

- Les collecteurs photovoltaïques (PV) sont un moyen de convertir cette énergie en électricité.
- Les collecteurs solaires thermiques la convertissent en chaleur.
- Les collecteurs solaires thermodynamiques convertissent le rayonnement en chaleur, puis celle-ci est convertie en électricité.

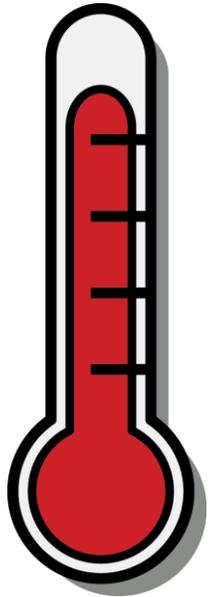


Les formes de l'énergie

- **Énergie thermique sensible**

Energie cinétique ou mouvement désordonné des constituants microscopiques d'un ensemble. L'énergie thermique sensible est associée à la chaleur.

La quantité d'énergie thermique sensible d'une certaine quantité de substance est déterminée par la mesure de sa température.

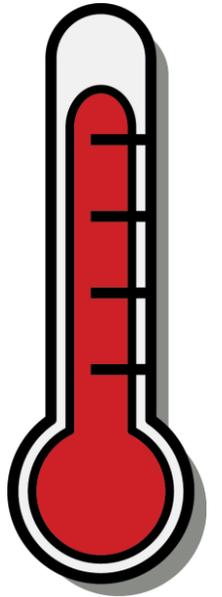


Les formes de l'énergie

- **Énergie thermique**

La quantité d'énergie thermique sensible répond à deux principes :

- À quantité de particules égales, plus la température d'une substance est élevée, plus elle possède d'énergie thermique sensible, parce que ses particules bougent davantage. Par exemple, 1L d'eau froide possède moins d'énergie thermique sensible que 1L d'eau chaude.
- À température égale, plus une substance contient de particules, plus elle possède d'énergie thermique sensible. Ainsi, un seau d'eau à 25°C possède davantage d'énergie thermique sensible qu'une tasse d'eau à la même température.



C'est la forme d'énergie la plus dégradée. C'est la forme ultime de l'énergie, celle dont l'exergie (notion discutée au thème 2.5), ou la qualité, est la plus basse, celle qui comporte le plus d'irréversibilités.

Les formes de l'énergie

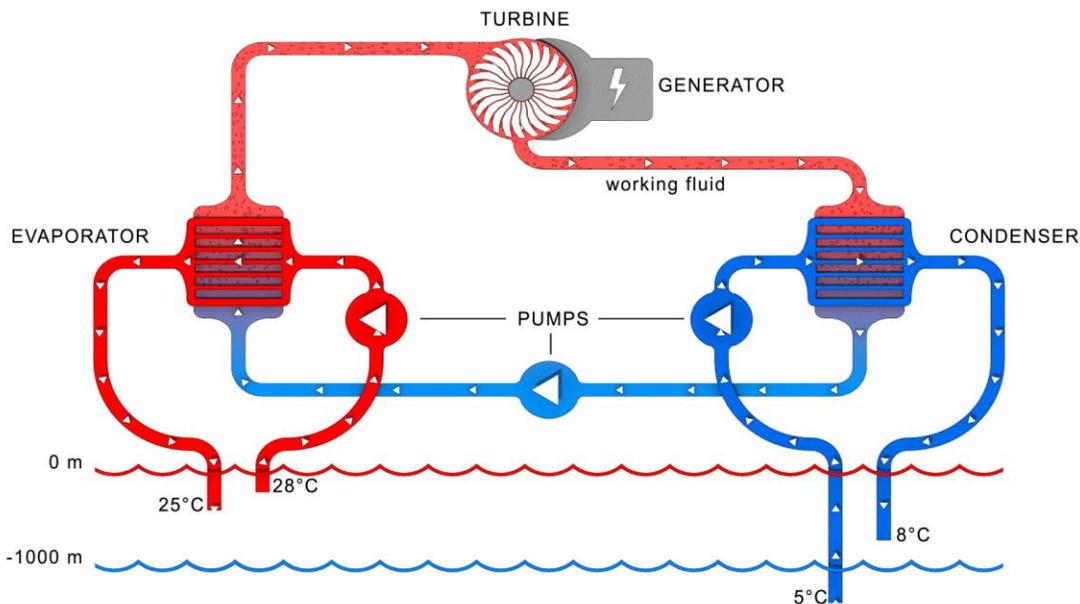
- **Énergie de chaleur latente**

C'est l'énergie qui est dégagée ou absorbée (en chaleur) lors du changement d'état des matériaux. Cette énergie échangée résulte de la modification (rupture ou établissement) de liaisons intermoléculaires. Il faut apporter de l'énergie à la matière pour rompre les liaisons. A l'inverse, lorsqu'il y a formations de liaisons, cela induit une variation négative de l'énergie du corps pur. On peut considérer que c'est une forme d'énergie potentielle chimique.

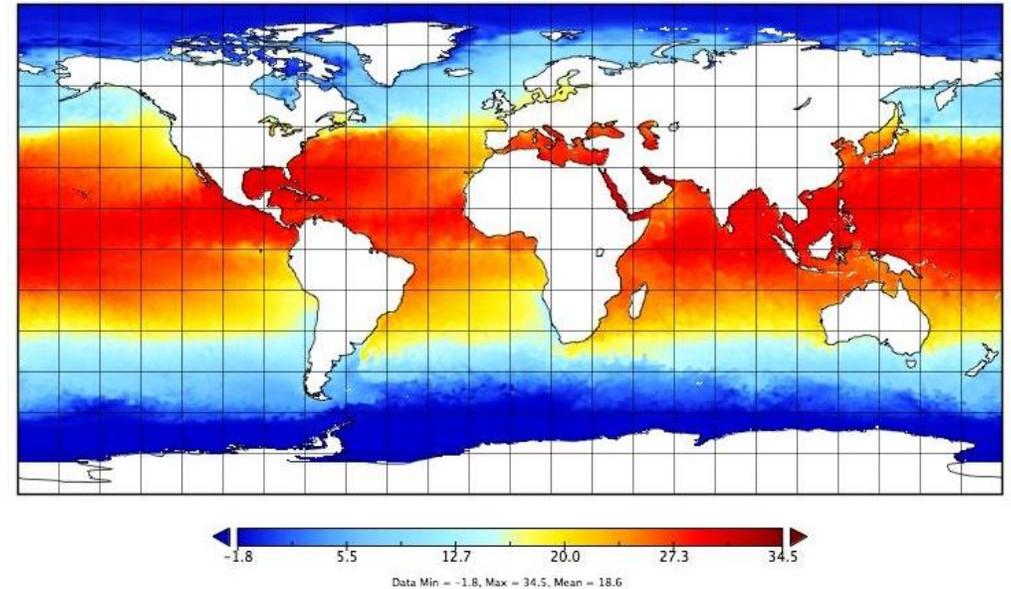
Les formes de l'énergie

- **Énergie thermique des mers (ETM)**

Cette forme d'énergie est associée au différentiel de température des océans entre les eaux de surface et les eaux profondes. Un cycle thermodynamique permet alors de convertir cette énergie thermique en électricité.



Exemple d'un système thermodynamique d'exploitation de l'ETM (*Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC* en anglais)

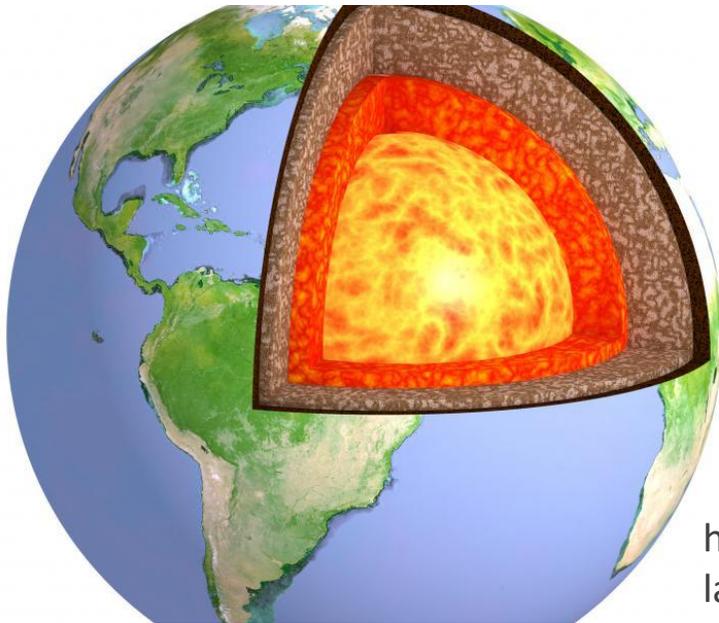


Richard W. Reynolds, Viva F. Banzon, and NOAA CDR Program. 2008. *NOAA Optimum Interpolation 1/4 Degree Daily Sea Surface Temperature (OISST) Analysis, V2*

Les formes de l'énergie

- **Énergie géothermique**

Cette énergie provient de la chaleur dégagée par le noyau terrestre et transmise dans les couches successives de la croûte terrestre par les phénomènes de conduction, convection et rayonnement. Cette chaleur provient de la formation de la Terre et de sa radioactivité naturelle. On peut donc l'associer à l'énergie nucléaire.



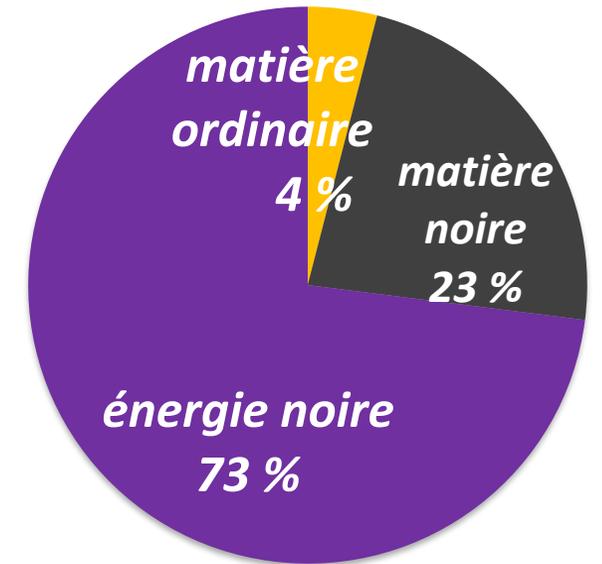
<https://www.planete-energies.com/fr/medias/dossiers/geothermie-la-chaleur-de-la-terre>

Les formes de l'énergie

- **Des formes d'énergie hypothétiques en cosmologie**

En 1916, Albert Einstein émet l'hypothèse d'une constante cosmologique, une sorte d'énergie qui permettrait d'expliquer l'expansion de l'Univers. Il est né de cela plusieurs théories :

- Énergie noire ou sombre : emplirait uniformément tout l'Univers (avec une densité énergétique constante de l'ordre de 10^{-29} g/cm³) et se comporterait comme une force gravitationnelle répulsive. Permet d'expliquer l'accélération de l'expansion de l'Univers.
- Énergie fantôme : la densité de cette énergie aurait la particularité surprenante d'augmenter avec l'expansion de l'Univers. Une candidate à l'énergie noire.
- Énergie du vide : énergie pour les petites échelles et la mécanique quantique. Modélisée avec la constante cosmologique, ce serait en fait l'énergie sombre.



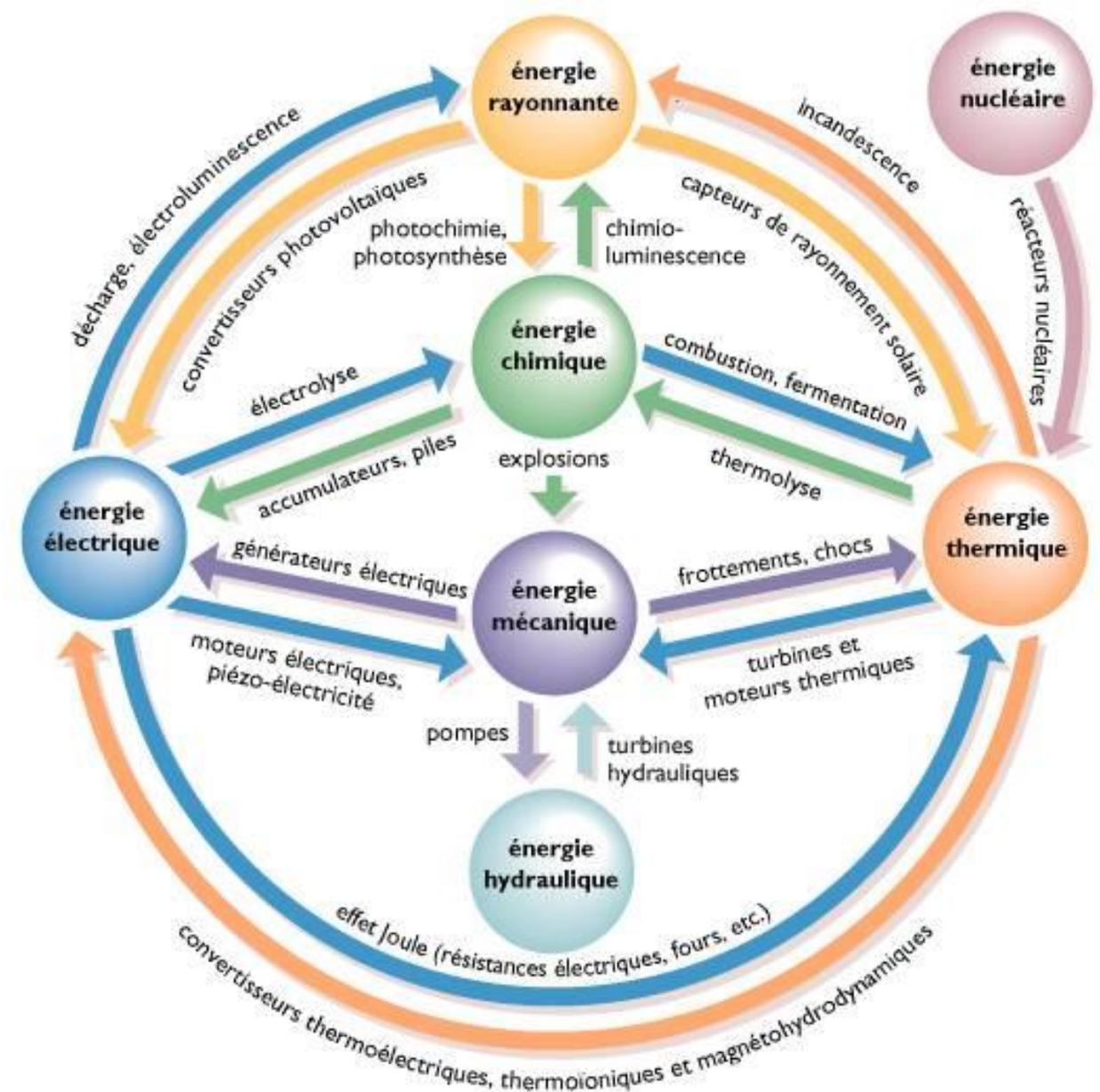
En 2003, les observations du rayonnement fossile par le satellite WMAP ont donné une mesure très précise de la composition de l'Univers.

Les formes de l'énergie

- **La conversion de l'énergie**

Le diagramme ci-contre illustre qu'il est possible de passer d'une forme d'énergie à une autre. Il concerne les *Conversions des sept formes principales d'énergie et leurs convertisseurs*

Dessin Xavier Hüe - Archives Larousse



Ce schéma est-il complet, selon vous ?

Source :

https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Conversions_de_1%C3%A9nergie/1010093

Les formes de l'énergie

- **Les masses en jeu**

Si l'homme était capable d'utiliser toute l'énergie potentielle de la matière quelle qu'elle soit, telle que définie par Einstein dans sa formule $E=mc^2$, la consommation d'environ 5 tonnes de matière suffirait à alimenter l'ensemble de la population de la Terre en énergie pendant un an.

* Strictement c'est une approximation car tous les carburants n'ont pas le même PCI. Voir présentation 2.2.1 ou AIE 2005 Manuel sur les stats.

** Pour une batterie standard au plomb, la densité énergétique peut varier de 30 à 50 Wh/kg. Ici, 1000Wh/80 kg donne 12,5 Wh/kg ce qui indique une décharge de la batterie de 42% au maximum ce qui est cohérent. Au-delà, on endommage la batterie.

*** 1000W/m² c'est le rayonnement standard pour estimer les capacités des collecteurs PV. Il est en fait assez rare qu'il tombe 1000 W/m². La nuit, notamment....

Masses en jeu pour 1 kWh

Energies Mécaniques : 10 tonnes

Pesanteur	10 t d'eau chutant de 40 m
Cinétique	Camion de 10 t à 100 km/h
Eolienne	20 000 m³ d'air (27 t) à 60 km/h

Energies Electromagnétiques : kilogramme

Chimique	0,1 kg de carburant (pétrole, charbon, gaz) *
Biologique	Un repas
Electrochimique	80 kg de batterie **
Thermique	Fusion de 10 kg de glace, vaporisation de 1,5 kg d'eau
Solaire	Puissance 1 kW/m² ***

Energies Nucléaires : milligramme

Fission	10 mg d'uranium naturel
Surgénération	0,1 mg
Fusion	5 µg d'hydrogène dans le soleil

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Définitions
- Les formes de l'énergie
- ***Classifications***
- Conclusion

Classifications

- **Classification selon la qualité de l'énergie**

Les énergies nobles

- Les formes de l'énergie que l'on peut facilement maîtriser et convertir, car il s'agit d'énergie "ordonnée".
- Plus une énergie est noble, plus elle peut être utilisée efficacement pour accomplir de multiples tâches.
- On classe dans cette catégorie, l'énergie électrique, l'énergie chimique, l'énergie solaire, etc... bref, la majorité des formes d'énergie.
- Plus la portion utile de l'énergie est élevée, et plus son exergie est élevée, et d'autant plus élevée que les irréversibilités sont faibles.

Classifications

- **Classification selon la qualité de l'énergie**

Les énergies dégradées

- Formes d'énergies désordonnées, qui seront très difficiles à canaliser lorsqu'on voudra en retirer de l'énergie utile.
- La plus importante est l'énergie thermique.
- On peut aussi ajouter l'énergie acoustique, car dans les deux cas, il s'agit de formes d'énergie dont on a beaucoup de mal à se « défaire » : lorsqu'une énergie est convertie d'une forme en une autre, fatalement sont produits de la chaleur ou du bruit, qui se dispersent et sont difficilement valorisables, voire nuisibles.

Classifications

- Quelle sont les formes (manifestations) de l'énergie de la plus noble à la plus dégradée?
 - Électrique (la plus noble)
 - Chimique
 - Nucléaire
 - Électromagnétique
 - Potentielle
 - Cinétique
 - Thermique (la plus dégradée)

Classifications

- **Classification des formes d'énergies selon Einstein**

Albert Einstein postule l'existence de seulement deux formes d'énergie dans sa théorie de la relativité.

- Énergie cinétique, sous toutes ses formes
- Énergie de masse : masse et énergie au repos sont équivalentes ($E = mc^2$). Par exemple, lors de la fission nucléaire, la masse totale de matière diminue et la masse « manquante », immatérielle, est convertie en énergie cinétique.

En somme il y a l'énergie de tout ce qui bouge et l'énergie de tout ce qui ne bouge pas : mais il y a de l'énergie partout !

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Définitions
- Les formes de l'énergie
- Classifications
- ***Conclusion***

Conclusion

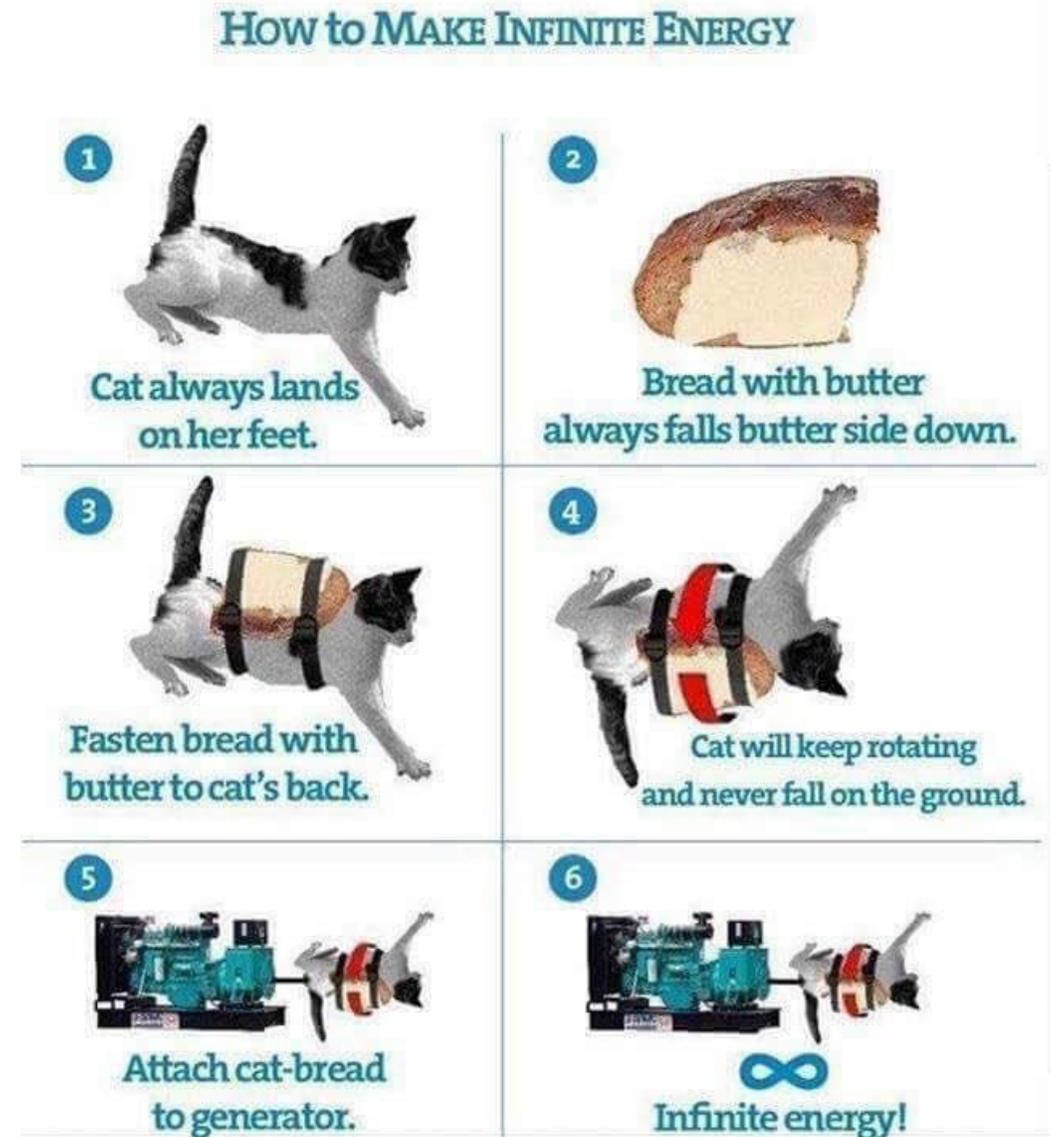
- L'énergie, sans pouvoir être directement observée, se manifeste sous plusieurs formes;
- Certaines de ces formes sont décrites et comprises de manière exhaustive, alors que d'autres recèlent encore des zones de recherche afin de mieux les caractériser;
- La plus prometteuse pour combler les besoins croissants en énergie semble être la fusion nucléaire (densité énergétique énorme, zéro déchet, combustible abondant) mais pas de mise en application commerciale avant la fin du siècle...

Conclusion

Existe-t-il d'autres formes de l'énergie d'après vous ?

Si vous y pensez, faites-le nous savoir!

Ci-contre, le type d'inventions qui me sont régulièrement proposées, nouvelle forme d'énergie ?



Bibliographie/médiagraphie

- Site Connaissance des énergies, *Unités de l'énergie*, 2014.
<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/unites-de-l-energie>
(site certifié avec un comité d'expert, tenu par une fondation financé par le groupe Alcen, se veut neutre sur la question énergétique)
- <http://html5.ens-lyon.fr/CSP/ScienceEnergie2012/Balian2012/audio.html#diapo10>
- <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/developpement-durable-energie-renouvelable-tour-horizon-836/page/7/>
- <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energie-houlomotrice-ou-energie-des-vagues>
- Wikipédia
- <http://thiers.stephane.free.fr/energieA3.htm>
- <http://voirvert.ca/communaute/wiki/qualite-lenergie-ou-noblesse-lenergie>



Merci de votre attention !

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions

