

2. Notions fondamentales

2.2 – Énergie

2.2.1 – Définitions

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

Département de génie mécanique

Victor Aveline, M.ing.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Les définitions de l'énergie
- Le concept d'énergie renouvelable
- Conclusion

Question

- Qu'est-ce que l'énergie?
 - Une des quatre forces fondamentales
 - Un synonyme de puissance
 - Un état de la matière
 - Ce qui nous fait nous lever le matin
 - Aucune de ces réponses



ENR2020

Question

- Une des quatre forces fondamentales - **Faux**; les quatre forces fondamentales (ou interactions élémentaires) sont la force forte, la force faible, la force électromagnétique et la force gravitationnelle.
- Un synonyme de puissance - **Faux**; cependant, les notions d'énergie et de puissance sont liés par celle du temps (ou du flux).
- Un état de la matière - **Faux**; les états de la matière sont solide, liquide, gaz et plasma. Cependant, le fameux $E=mc^2$ d'Albert Einstein propose un lien entre énergie et matière.
- Ce qui nous fait nous lever le matin - **Faux**; c'est la motivation d'une nouvelle journée d'apprentissage. Et le café.
- Aucune de ces réponses - **Vrai**. Nous allons explorer dans ce module le complexe concept qu'est l'énergie.

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Les définitions de l'énergie
- Le concept d'énergie renouvelable
- Conclusion

Introduction et objectifs

- L'énergie est un concept vaste que l'humain oeuvre depuis des siècles à clarifier et préciser.
- Il touche à plusieurs disciplines, tant scientifiques que non-scientifiques ou aux limites de la science.
- Aujourd'hui encore, beaucoup de travail de recherche fondamentale est requis pour résoudre les « énigmes » énergétiques qui perdurent.
- Cette capsule ne se veut pas exhaustive, mais propose des axes de réflexions à suivre pour mieux comprendre ce concept.
- Cette capsule fait partie d'un ensemble plus complet qui brosse un tableau général des notions fondamentales en énergie.

Introduction et objectifs

- L'objectif de cette présentation est de tenter d'apporter des réponses aux questions suivantes:
 - Qu'est-ce que l'énergie ?
 - En avez-vous déjà vu, observé ?
 - Comment la quantifier ?
 - Qu'est-ce que l'énergie *renouvelable* ?



Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Les définitions de l'énergie***
- Le concept d'énergie renouvelable
- Conclusion

Les définitions de l'énergie

Votre définition de l'énergie?

Prenez quelques minutes pour réfléchir à ce que peut bien être l'énergie.

Les définitions de l'énergie

Définition du dictionnaire Larousse

- Grandeur caractérisant un système physique, gardant la même valeur au cours de toutes les transformations internes du système (loi de conservation) et exprimant sa capacité à modifier l'état d'autres systèmes avec lesquels il entre en interaction. (Unité SI: le joule.)

L'énergie est donc une grandeur dont la valeur se conserve, certes.
Mais c'est quoi au juste ce que l'on désigne sous le terme énergie?

Les définitions de l'énergie

Définition de ce concept par Étienne Klein, Directeur de recherche du LARSIM, physicien et philosophe des sciences

L'émergence du concept d'énergie, 2017

<https://www.youtube.com/watch?v=4CBSZqPmPH0>

(15min, à voir en priorité, elle fait partie du cours)

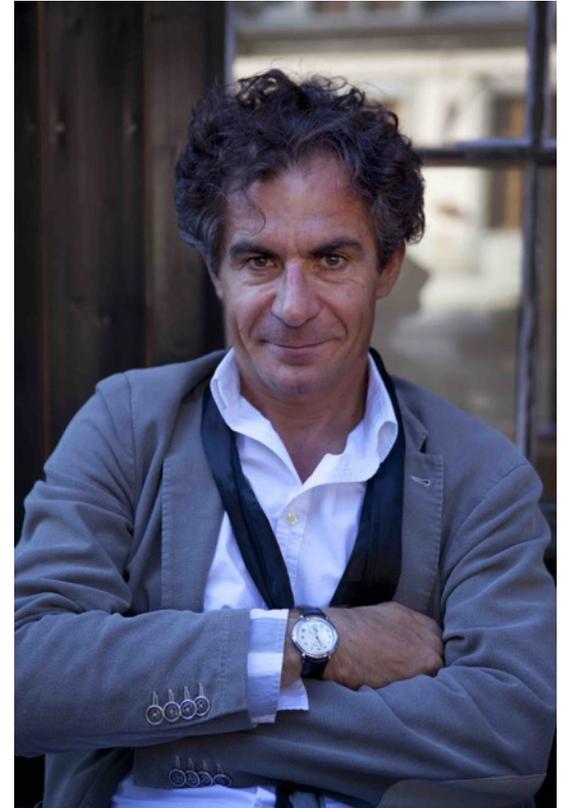
De quoi l'énergie est-elle le nom ?, 2014

<https://etienneklein.fr/livres/science-societe/energie/>

(53min, facultatif)

<https://www.youtube.com/watch?v=Nb2S7oge8TQ>

(1h39min, facultatif)



Source : <http://etienneklein.fr/>

Les définitions de l'énergie

Définition par Richard Feynman

« Il y a un fait, ou si vous préférez une loi, qui gouverne tous les phénomènes naturels qu'on connaît jusqu'à présent. Il n'y a pas d'exception à cette loi – elle est exacte autant que l'on sache. Cette loi est appelée loi de conservation de l'énergie. Elle dit qu'il y a une certaine quantité, que l'on appelle énergie, qui ne change pas quelques soient les évènements naturels mis en jeu. »

(Traduit de l'anglais)

The Feynman Lectures on Physics, 1963 Vol.1 Chap.4-1

L'énergie est donc une grandeur dont la valeur se conserve, certes.
Mais c'est quoi au juste ce que l'on désigne sous le terme énergie? (bis).

Les définitions de l'énergie

Définition par Richard Feynman

« C'est une idée très abstraite, parce que c'est un principe mathématique ; il dit qu'il y a une quantité numérique qui ne change pas quand quelque chose arrive. Ce n'est pas la description d'un mécanisme, ou quelque chose de concret ; c'est juste un fait étrange que l'on puisse calculer un nombre, et quand on a fini de regarder la nature agir et que l'on calcule à nouveau ce nombre, il est le même. »

(Traduit de l'anglais)

The Feynman Lectures on Physics, 1963 Vol.1 Chap.4-1

Les définitions de l'énergie

- Les définitions modernes de ce concept sont acceptées par toute la communauté scientifique, sont appuyées par des lois physiques validées et permettent de créer des systèmes qui fonctionnent.
- Mais finalement chacun pourrait y aller de sa propre définition, selon son domaine, son système...

Les définitions de l'énergie

- Hydro Québec donne la définition suivante à l'énergie :
 - « Puissance utilisée par une installation électrique pendant une certaine durée. Exprimée en kilowattheures (kWh), l'énergie est le produit de la puissance, exprimée en kilowatts (kW), par le temps, exprimé en heures (h), pendant lequel cette puissance est utilisée. »
- Une définition du domaine du génie électrique et tournée vers l'industrie.

Question

- Quelle est la différence entre énergie et puissance?
- Peut-on créer de l'énergie?

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

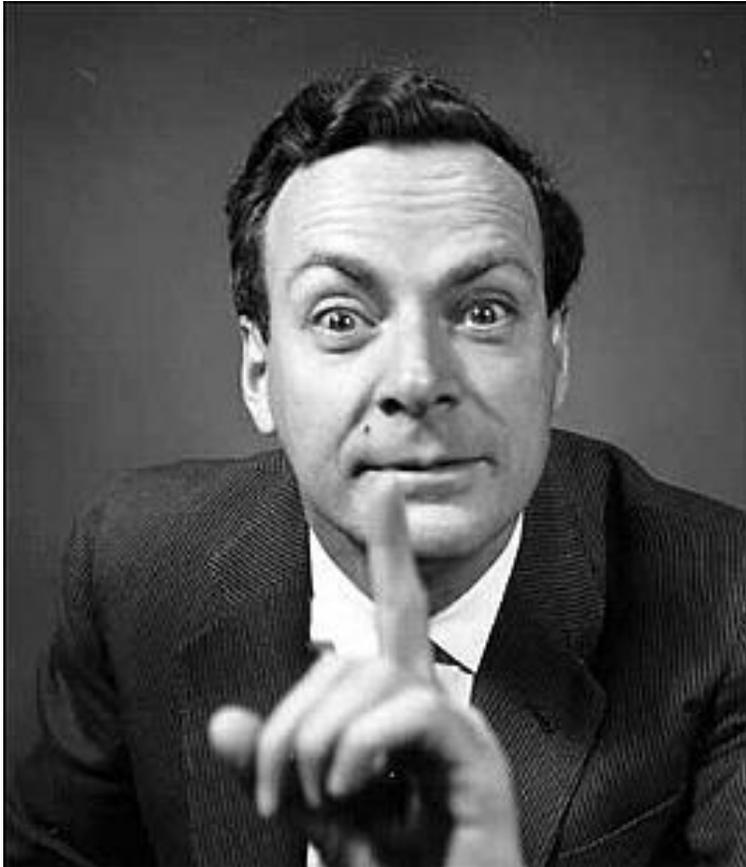
- Une loi de la Nature découverte par les scientifiques avec une précision croissante à travers les âges ou une invention de notre esprit pour lui permettre d'appréhender le monde et ajustée à chaque étape ?

Réflexion de Jean-Marie Frère :

http://homepages.vub.ac.be/~frere/Energie/energie_jmf.htm

Qu'en pensez vous ?

Les définitions de l'énergie



Source :

<https://www.podcastscience.fm/emission/2015/03/16/podcast-science-209-feynman/>

Le texte de Frère est une adaptation de l'amusante et détaillée description trouvée dans le très célèbre cours de Richard Feynman à CalTech :

http://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_04.html#Ch4-S1



"Dennis the Menace" aida Richard Feynman a expliquer son concept d'énergie.

Source :

<https://cen.acs.org/articles/89/i46/Explaining-Energy.html>

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

Confier sa vie aux lois de la physique?

Illustration de la conservation de l'énergie mécanique

Walter Lewin, MIT professor - Lectures by Walter Lewin

<https://www.youtube.com/watch?v=77ZF50ve6rs> (3min)

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

Plus généralement (et pas nécessairement plus sérieusement, mais certes toujours aussi profondément) sur les lois de conservation :

Richard Feynman - The great conservation principles

<https://www.youtube.com/watch?v=kLY4cxz9vM> (56min)

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- L'analogie de Feynman est intéressante, car à la fois ludique et profonde. Elle est reprise dans ce cours dans une vidéo distincte.
- Avant de continuer, aller voir cette vidéo et consultez les vidéos de Klein, Frère, Lewin et Feynman lui-même.
- Cette analogie de Feynman permet à la fois de comprendre:
 - comment l'énergie se conserve; et
 - ce qu'est l'énergie.



“Dennis the Menace” aida Richard Feynman a expliquer son concept d'énergie.

Source :

<https://cen.acs.org/articles/89/i46/Explaining-Energy.html>

Les définitions de l'énergie



La conservation de l'énergie : Une analogie simple

- Imaginez des balles comme des « particules identiques et indestructibles »
- Imaginez maintenant que mon fils possède 42 de ces balles dans sa chambre (un système thermodynamique) qui comporte une porte (appelée travail, W) et une fenêtre (appelée chaleur, Q).
- Un jour je compte 41 balles, mais l'une d'elles se retrouve dans son lit, sous son oreiller. Le compte est alors de 42
- Un jour je compte 40 balles, mais la fenêtre (Q) est ouverte et deux balles sont passées dans le jardin (il s'agit d'un système ouvert par lequel transite de la chaleur)
- Un jour je compte 44 balles, mais un copain est venu jouer avec mon fils et il avait ses balles avec lui. Il en avait bien entendu 2!

Les définitions de l'énergie



La conservation de l'énergie : Une analogie simple

- Un jour j'en compte 39, mais les 5 autres sont sûrement dans un sac que mon fils ne veut pas me laisser ouvrir. Impossible de les compter directement.

- Donc, je me dis : Et si je pesais les balles? Une fois la nuit venue, je pèse le sac vide et de là:

$$\text{Nb de balles visibles} + \frac{\text{masse du sac} - \text{masse du sac vide}}{\text{masse d'une balle}} = 42$$

- Un jour suivant, le compte n'est pas bon mais je réalise que le niveau d'eau dans un récipient contenant un liquide très foncé est plus élevé. Ainsi,

$$\text{Nb de balles visibles} + \frac{\text{masse du sac} - \text{masse du sac vide}}{\text{masse d'une balle}} + \frac{\text{Hauteur de l'eau} - \text{hauteur initiale}}{\text{hauteur unitaire imposée par une balle}} = 42$$

Les définitions de l'énergie



La conservation de l'énergie : Une analogie simple

- Au fil du temps, le tout devient plus complexe avec l'addition de termes supplémentaires, mais le compte reste toujours 42.
- Si on retire de l'équation le terme « Nb de balles visibles », on se retrouve avec quelque chose d'abstrait, une quantité qui pourrait être en fait n'importe quoi, une balle, un cube (comme dans l'analogie originale de Feynman) ou une « particule » d'énergie.
- Il suffit alors de *définir* le poids d'une balle ou l'unité de l'énergie, afin d'avoir une *référence*.
- On peut toujours ajouter un terme à l'équation pour assurer la conservation de ce « quelque chose » lorsqu'un nouveau phénomène se produit et que le total ne fait plus 42.

Les définitions de l'énergie



La conservation de l'énergie : Une analogie simple

- L'analogie indique premièrement que, parfois, des « choses » entrent et sortent d'un système (par une porte, W , ou une fenêtre, Q , dans ce cas), mais ils ne disparaissent pas pour autant.
- Cela dépend de la définition des limites du **système** que s'impose l'analyste. La détermination de ces limites est très importante:
 - Plus elles sont vastes, plus on a d'information sur ce qui se passe dans un vaste pan de l'univers, mais c'est très (parfois trop) complexe à considérer
 - Plus elles sont restreintes, plus c'est simple à analyser
- Il existe:
 - des systèmes dits **ouverts**, où des « choses » peuvent entrer ou sortir,
 - et des systèmes dits **fermés**, où ce qui entre et ce qui sort est égal à zéro.

Les définitions de l'énergie



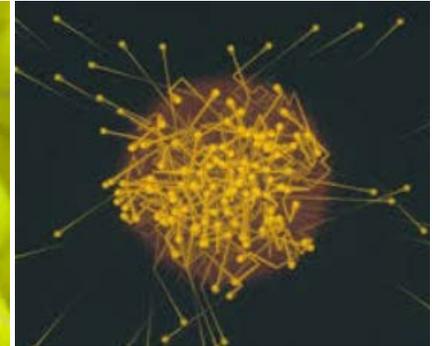
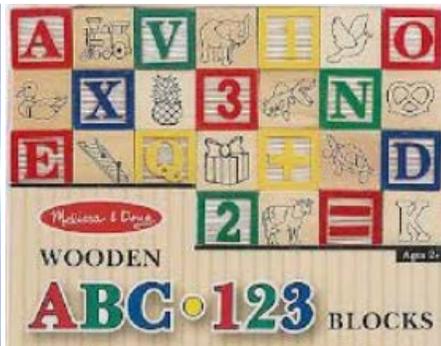
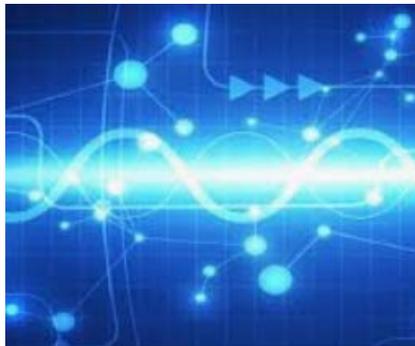
La conservation de l'énergie : Une analogie simple

- Deuxièmement, cette analogie avec les balles montre qu'il faut parfois une foule de termes pour expliquer tout ce qui se passe dans un système.
- Et pour chacun, il existe une formule descriptive (énergie gravitationnelle, énergie nucléaire, énergie cinétique, énergie interne, énergie thermique, etc.)
- Lorsque l'on fait le total de tout cela, ce total restera constant en autant que l'on sache ce qui entre et ce qui sort du système.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- En terminant sur l'énergie et sa conservation, il est important de spécifier que personne ne sait exactement ce qu'est de l'énergie.
- On ne sait pas vraiment si ça se présente sous forme de blocs ou de balles ou de photons ou de phonons ou d'ondes électromagnétiques.



Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Pour simplifier le tout:
 - L'énergie, c'est tout simplement la capacité de produire un travail.
 - Et on revient aux concepts de l'antiquité:
En (*en*) travail (*ergon*) = Energon = Énergie = Energy = Energía

Question

- Peut-on créer de l'énergie?
 - Oui, si on dispose d'une source
 - Oui, en convertissant la matière via $E=mc^2$
 - Oui, à partir du travail
 - Non, on ne peut que transformer de l'énergie
 - Non, on ne peut que la détruire



ENR2020

Question

- Oui, si on dispose d'une source - **Faux**; l'expression "source d'énergie", bien que très utilisée, est trompeuse. On ne peut que transformer de l'énergie, pas la créer.
- Oui, en convertissant la matière via $E=mc^2$ - **Faux**; la fameuse formule d'Albert Einstein établit un lien entre matière et énergie, mais ne permet pas la création de cette dernière, plutôt sa transformation.
- Oui, à partir du travail - **Faux**; l'énergie peut être utilisée pour accomplir un travail, mais le travail ne crée pas d'énergie.
- Non, on ne peut que la détruire - **Faux**; on ne peut détruire de l'énergie, pas plus qu'on peut la créer, on ne peut que la transformer. Cependant, l'énergie peut se retrouver sous des formes où elle devient, essentiellement, inexploitable et perdue.
- Non, on ne peut que transformer de l'énergie - **Vrai**. Nous allons explorer dans ce module les diverses formes de l'énergie.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- L'énergie est donc un concept purement abstrait mais admis par la puissance cognitive de l'esprit humain (comme bien d'autres choses virtuelles pour lesquelles des hommes sont (parfois) prêts à mourir)
- Mais, sur une note plus humoristique, vous demandez-vous pourquoi le total est toujours égal à ... 42?

<https://www.youtube.com/watch?v=jwEPCn6lRo4>

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- La Khan Academy (partenaire avec la NASA et le MIT) possède une vidéo sur le sujet

<https://www.khanacademy.org/science/physics/ap-physics-1/ap-work-and-energy/conservation-of-energy-ap/v/law-of-conservation-of-energy?modal=1> (11min).

Cette capsule fait et fera partie intégrante de ce cours tant qu'elle sera disponible sur le web

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- La Khan Academy possède par ailleurs plusieurs autres vidéos sur des sujets connexes:
 - *Introduction to work*
 - *Kinetic energy*
 - *Work-energy theorem*
 - *Gravitational potential energy and conservative forces*
 - *Spring potential energy*
 - *Power*

Questions

- Quelles sont les unités SI de l'énergie?
- Quelles sont les unités US de l'énergie?
- Quelles sont les unités SI de puissance?
- Quelles sont les unités US de puissance?

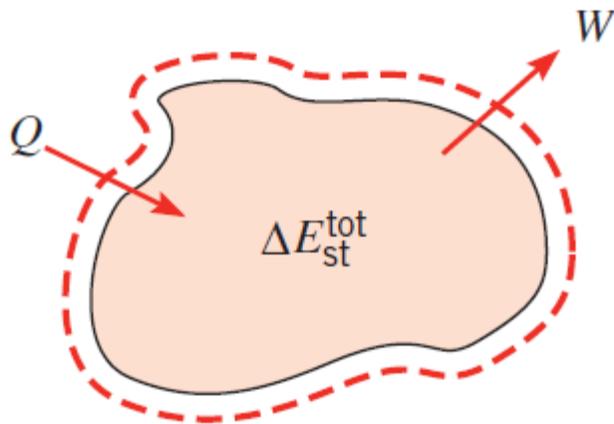
Combien y a-t-il de J dans un W-h?

Les définitions de l'énergie

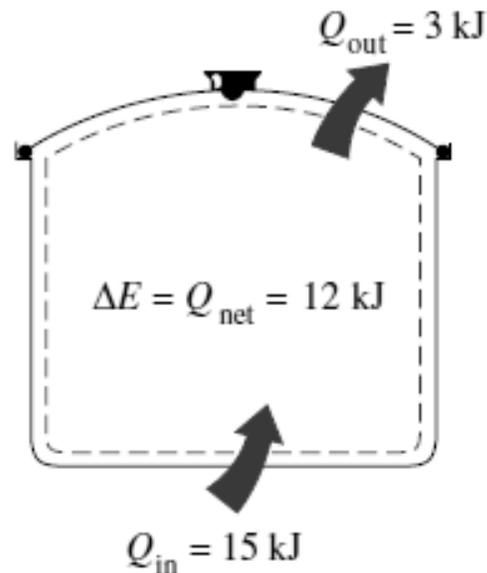
La conservation de l'énergie

- Que dit la première loi de la thermodynamique?
 - Pour un système fermé

$$\Delta E_{st}^{tot} = Q - W$$



Par exemple

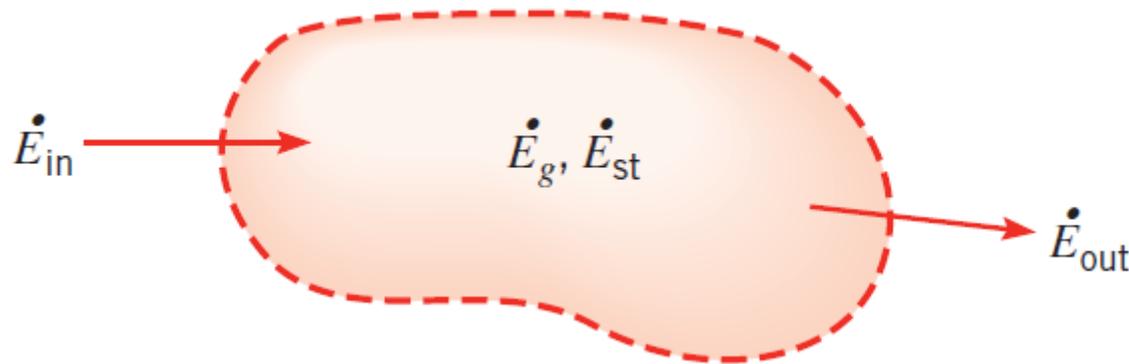


- Il y a un signe ***négalif*** dans l'équation de conservation puisque le travail W est fait ***PAR*** le système, et non ***SUR*** le système.
- Implicitement, les termes Q et W sont des termes *net*, ou la différence entre ce qui sort et ce qui entre.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Que dit la première loi de la thermodynamique?
 - Pour un système fermé (un volume de contrôle)



$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} + \dot{E}_g = \dot{E}_{st}$$

$$E_{in} - E_{out} + E_g = \Delta E_{st}$$

- Il y a un « point » sur le E parce qu'il s'agit, dans cette figure et dans l'équation du haut, du *taux* de transfert d'énergie \dot{E} (en watts), et non d'énergie E (en joules) comme à la page précédente. Les deux formulations sont valides.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Termes du bilan énergétique

\dot{E}_{in} Transfert d'énergie entrant dans le volume de contrôle

\dot{E}_{out} Transfert d'énergie sortant du volume de contrôle

\dot{E}_g Génération d'énergie dans le volume de contrôle (source, réaction, chaleur)

\dot{E}_{st} Énergie entreposée dans le volume de contrôle lorsque les conditions varient avec le temps

- Le 3^e terme pourrait semer la confusion car de l'énergie **ne peut se créer**. Il s'agit d'une « création » d'énergie thermique issue de la **transformation** d'une autre forme d'énergie en énergie thermique.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Équation d'énergie thermique et mécanique sur un intervalle (Δt)
 - L'augmentation de l'énergie thermique et mécanique stockées dans le volume de contrôle doit être égale à l'énergie thermique et mécanique qui pénètre dans le volume de contrôle, moins l'énergie thermique et mécanique qui quitte le volume de contrôle, plus l'énergie thermique qui est générée dans le volume de contrôle pendant l'intervalle Δt .

$$E_{in} - E_{out} + E_g = \Delta E_{st}$$

- En joules, [J].

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Équation d'énergie thermique et mécanique à un instant (t)
 - Le taux d'augmentation de l'énergie thermique et mécanique stockées dans le volume de contrôle doit être égal au taux auquel l'énergie thermique et mécanique pénètre dans le volume de contrôle, moins le taux auquel l'énergie thermique et mécanique quitte le volume de contrôle, plus le taux auquel l'énergie thermique est générée dans le volume de contrôle.

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} + \dot{E}_g = \dot{E}_{st}$$

- En watts, [W].

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Énergie totale
 - Dans l'énoncé de la première loi, l'énergie totale, E^{tot} , se compose d'énergie cinétique (KE), d'énergie potentielle (PE) et d'énergie interne (U).
 - L'énergie mécanique est définie comme la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle. En transfert de chaleur les changements d'énergie cinétique et potentielle sont souvent faibles et peuvent être négligés.
 - L'énergie interne est constituée de
 - une composante sensible qui tient compte du mouvement de translation, de rotation et/ou de vibration des atomes/molécules qui constituent la matière;
 - une composante latente qui se rapporte aux forces intermoléculaires influençant les changements de phase entre les états solide, liquide et vapeur;
 - une composants chimique qui représente l'énergie stockée dans les liaisons chimiques entre les atomes;
 - et une composante nucléaire qui décrit les forces de liaison dans le noyau.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Énergie interne

- Dans l'étude du transfert de chaleur (thermique), l'attention est portée sur les composants sensible et latent de l'énergie interne (U_{sens} et U_{lat}), qui sont ensemble appelés énergie thermique, U_t .

- L'énergie sensible est la partie associée principalement aux changements de température (bien que cela puisse aussi dépendre de la pression).

- L'énergie latente est la partie associée à des changements de phase.

- Par exemple, si le matériau dans le volume de contrôle passe du solide au liquide (fusion) ou du liquide à la vapeur (vaporisation, évaporation, ébullition), l'énergie latente augmente.

- Inversement, si le changement de phase passe de la vapeur au liquide (condensation) ou du liquide au solide (solidification, gel, cristallisation), l'énergie latente diminue.

- Si aucun changement de phase ne se produit, il n'y a pas de changement dans l'énergie latente, et ce terme peut être négligé.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Énergie interne

- Ainsi, lorsque les variations d'énergie cinétique et potentielle sont négligeables et qu'il n'y a pas de changement de phase:

$$E_{st} = KE + PE + U_{sens} + U_{lat}$$

est souvent simplement

$$E_{st} = U_{sens}$$

Note: Pour mieux appréhender tous les concepts énoncés dans cette présentation qui concernent la conservation de l'énergie sur un volume de contrôle, référez-vous au Chapitre 1 du volume *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* des auteurs Lavine, Bergman, Incropera & Dewitt. Il comporte par ailleurs plusieurs exemples de problèmes pour illustrer les concepts présentés sommairement à partir de la page 30 de cette présentation.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

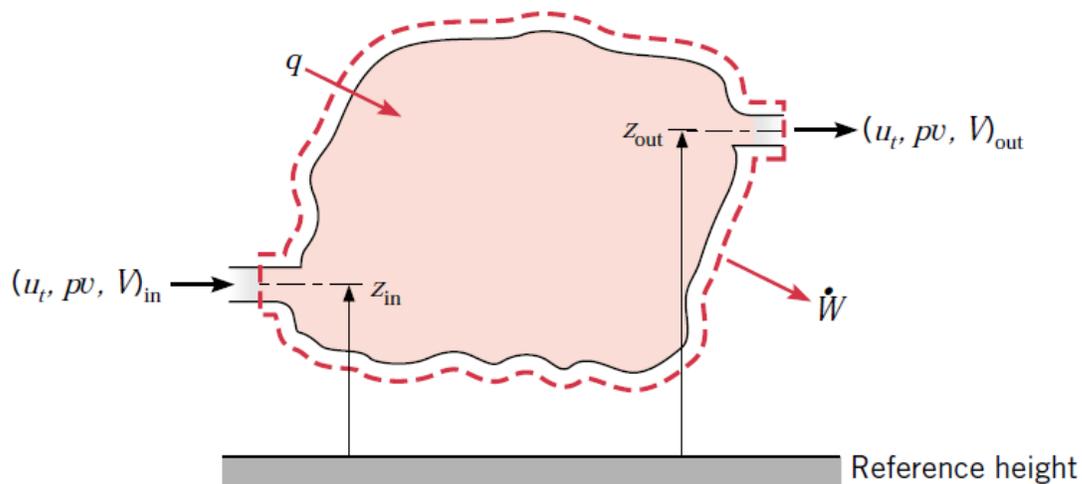
- Énergie « générée »
 - Le terme dit de **génération** est associé à la **conversion** d'une autre forme de d'énergie interne (chimique, électrique, électromagnétique ou nucléaire) en énergie thermique ou mécanique.
 - C'est un phénomène volumétrique. Autrement dit, il se produit dans le volume de contrôle et est généralement proportionnel à l'ampleur de ce volume.
 - Par exemple, un produit chimique exothermique peut produire une réaction convertissant l'énergie chimique en énergie thermique. L'effet net est une augmentation de l'énergie thermique de la matière dans le volume de contrôle. Une réaction endothermique sera alors considérée comme un puits ou une source négative.
 - Une autre source d'énergie thermique est la conversion de l'énergie électrique qui survient lorsqu'un courant électrique traverse une résistance.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Que dit la première loi de la thermodynamique?
 - Pour un système ouvert (cas où de la masse traverse les frontières)

$$\dot{m} \left(u_t + pv + \frac{1}{2} V^2 + gz \right)_{in} - \dot{m} \left(u_t + pv + \frac{1}{2} V^2 + gz \right)_{out} + q - \dot{W} = \dot{E}_{st}; \quad q = \dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$$



- Il faut tenir compte d'un terme supplémentaire : la différence énergétique entre ce qui sort et ce qui entre due au transfert de masse.
- Les termes entre parenthèses sont exprimés par unité de masse.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Enthalpie (voir thème Thermodynamique)
 - La somme de l'énergie thermique u_t et du travail pv par unité de masse est définie comme étant de l'enthalpie par unité de masse.

$$i = u_t + pv$$

- Dans plusieurs cas de problèmes d'énergie renouvelables où il n'y a pas de changement de phase, le fluide peut être approximé comme un gaz parfait avec une chaleur spécifique constante, $i_{in} - i_{out} = c_p (T_{in} - T_{out})$. Si les changements d'énergie cinétique et potentielle sont négligeables:

$$\dot{m} \left(u_t + pv + \frac{1}{2} V^2 + gz \right)_{in} - \dot{m} \left(u_t + pv + \frac{1}{2} V^2 + gz \right)_{out} = \dot{m} c_p (T_{in} - T_{out})$$

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Différence d'énergie qui entre et sort d'un volume par transfert de masse
 - Le plus souvent, outre le travail fait par le volume de contrôle et la chaleur transférée au volume de contrôle, nous avons en régime établi (permanent), $E_{st} = 0$.

$$q - \dot{W} = \dot{m} c_p (T_{in} - T_{out})$$

- Et lorsque le travail mécanique est aussi négligé

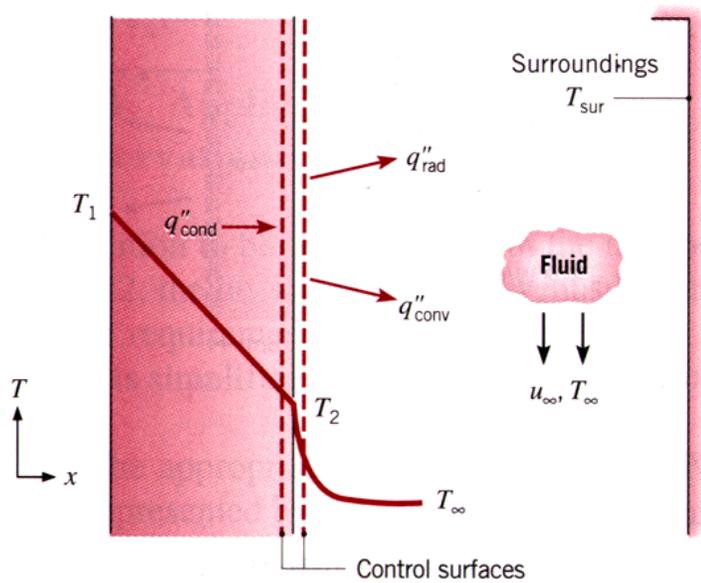
$$q = \dot{m} c_p (T_{in} - T_{out})$$

Note: Dans ce cours, cette dernière équation sera suffisante pour estimer la différence d'énergie qui entre et qui sort d'un volume par un écoulement de masse.

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Sur une surface de contrôle
 - énergie ou taux de transfert d'énergie



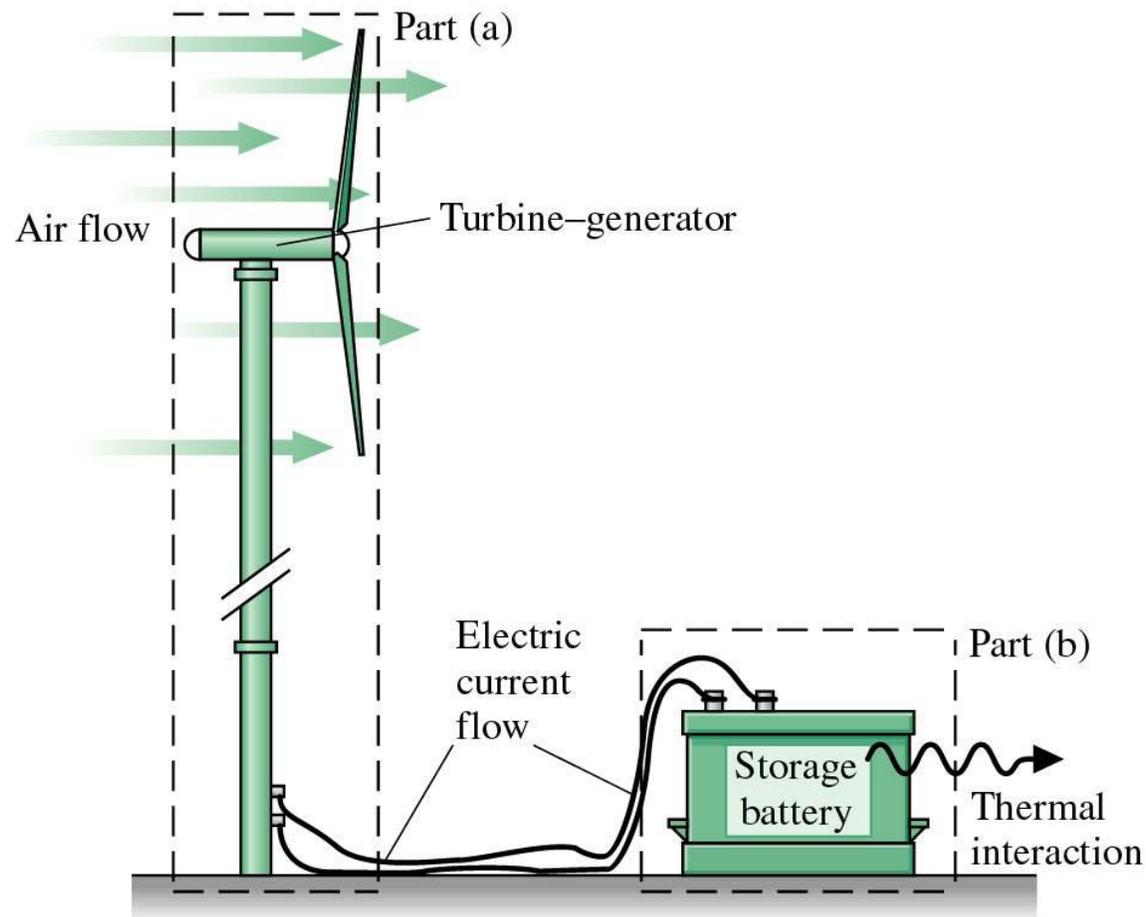
- L'équation se simplifie puisque le volume est nul:
 $E_{st} = 0$ et $E_g = 0$

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} + \dot{E}_g = \dot{E}_{st} \qquad \dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = 0$$

Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Sur un système



Les définitions de l'énergie

La conservation de l'énergie

- Quoi faire face à un problème où vous devez évaluer le transfert thermique?
 - Définir un volume de contrôle approprié (surface?);
 - Choisir la base temporelle appropriée;
 - Identifier les modes de transfert d'énergie;
 - Indiquer sur un schéma la direction d'écoulement de l'énergie au travers des frontières du volume, et s'il y a ou non génération et/ou accumulation;
 - Écrire l'équation de conservation;
 - Utiliser une méthodologie d'analyse équivalente à celle proposée dans ce cours.



Les définitions de l'énergie

- Avant de poursuivre, je vous invite à prendre une pause pour :
 - Consulter les liens proposés ;
 - Explorer le sujet de l'énergie en général ;
 - Parcourir les références suggérées ;
 - Essayer les exercices suggérés ;
 - Prendre du recul et du repos!
- Car les concepts présentés dans cette présentation doivent être bien assimilés pour ultérieurement progresser dans tout cours sur l'énergie.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Les définitions de l'énergie
- ***Le concept d'énergie renouvelable***
- Conclusion

Le concept d'énergie renouvelable

Quelles sont les différences (s'il en existe) entre énergie durable, énergie nouvelle et énergie renouvelable ?

- Énergie durable :
 - qui ne se tarit pas
 - qui n'engendre pas d'injustice sociale
 - qui n'affecte pas l'environnement.

L'énergie durable est-elle possible?

Le concept d'énergie renouvelable

Quelles sont les différences (s'il en existe) entre énergie durable, énergie nouvelle et énergie renouvelable ?

- Énergie nouvelle : énergie nouvellement utilisée par l'humanité, depuis environ 50 ans.

L'énergie nouvelle n'existe pas. C'est une expression qui fut mise à la mode dans les années 1970.

Essentiellement, il s'agit de l'énergie solaire directe ou indirecte redécouverte après le buzz mondial pour le trio fossile.

Le concept d'énergie renouvelable

Quelles sont les différences (s'il en existe) entre énergie durable, énergie nouvelle et énergie renouvelable ?

- Énergie renouvelable : la plus « durable », malgré ses insuffisances et fluctuations en termes de disponibilité et ses indéniables impacts sociaux et environnementaux.

Le concept d'énergie renouvelable

- « L'énergie renouvelable est une énergie tirée de ressources naturelles pouvant être **naturellement reconstituées ou renouvelées au cours de la durée de vie d'un être humain**, qui constituent donc une source d'énergie durable.
- Certaines ressources naturelles, telles que l'eau en mouvement, le vent et le soleil ne risquent pas de s'épuiser lorsqu'on les emploie pour la production d'énergie.
- Par contre, la biomasse est une ressource renouvelable à condition que son taux de consommation ne soit pas supérieur à son taux de régénération. »

(Source: RNCAN, 2014)

Le concept d'énergie renouvelable

- Pour une tentative de définition:
 - De l'énergie qui se régénère au rythme où nous la consommons (Sorensen, 2000) ou plus rapidement (Rousse, 2005);
 - De l'énergie obtenue de courants continus ou cycliques d'énergie récurrents dans l'environnement naturel (Twidell and Weir, 1986);
 - Une énergie de **flux**, contrairement aux énergies fossiles qui sont des énergies de **stock**.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Les définitions de l'énergie
- Le concept d'énergie renouvelable
- ***Conclusion***

Conclusion

- L'énergie n'est ni un fluide, ni une matière, ni quelque chose de palpable ou de concret;
- L'énergie est un concept ou principe abstrait issu du besoin de quantifier les transferts de force, leur durée, leur emmagasinement (stockage), leur potentiel, etc.;
- Elle ne s'observe pas directement, on en mesure les effets indirects (courant, flux, température, pression, vitesse, accélération, etc.);
- Ce principe d'énergie est attaché à sa loi la plus fondamentale: la conservation de l'énergie.

Conclusion

- Quant à l'énergie renouvelable, c'est aussi un concept abstrait mais dont dépend l'avenir à très court terme de l'humanité, voire de la planète.

Bibliographie/médiagraphie

- Une feuille résumé est disponible dans le répertoire « Documentation » du site Moodle
- Le résumé indique clairement:
 - La documentation obligatoire. Les références qu'il faut étudier pour préparer les tests formatifs et le quiz sommatif ainsi que l'examen final.
 - La documentation facultative. Pour les gens désirant pousser plus loin leur réflexion et leurs connaissances.

Bibliographie/médiagraphie

- Livres

- Étienne Klein, article « Énergie », *in* Dominique Bourg et Alain Papaux, *Dictionnaire de la pensée écologique*, Presses universitaires de France, 2015 (ISBN 978-2-13-058696-8).
[https://www.puf.com/content/Dictionnaire de la pens%C3%A9e %C3%A9cologique](https://www.puf.com/content/Dictionnaire%20de%20la%20pens%C3%A9e%20%C3%A9cologique)
- Jacques Vernier, *Les énergies renouvelables*, Coll. Que sais-je? Des Presses Universitaires de France, 2017. [https://www.puf.com/content/Les %C3%A9nergies renouvelables](https://www.puf.com/content/Les%20%C3%A9nergies%20renouvelables)
- Jean-Pierre Hauet, *Comprendre l'énergie pour une transition énergétique responsable*, L'Harmattan, 2014. <http://www.editions-harmattan.fr/index.asp?navig=catalogue&obj=livre&no=43067>
- *For the Love of Physics: From the End of the Rainbow to the Edge of Time - A Journey Through the Wonders of Physics*, Walter Lewin with Warren Goldstein (Contributor) , 2012

- Revues scientifiques

- Site d'un colloque sur l'énergie, *Site universitaire de Caen, 2001*.
http://e2phy.in2p3.fr/2001/e2phy_2001.html

Bibliographie/médiagraphie

- Jean-Marc Jancovici (ingénieur et consultant en énergie / climat), *L'énergie, de quoi s'agit-il exactement ?*, 2011. <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/lenergie-de-quoi-sagit-il-exactement/>
- Jean-Marc Jancovici, *Audition sur le changement climatique à l'Assemblée Nationale – Commission sur le Développement Durable*, 2013. Exposé de sa théorie sur la manière dont l'énergie façonne nos démocratie. <https://jancovici.com/videos/2h-audition-a-lassemblee-nationale/>
- Roger Balian (Académie des Sciences - Service de Physique Théorique, CEA de Saclay), Les multiples visages de l'énergie, 2002. Sur le site Culture Sciences Physique. http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/Energie_Balian.xml
- Muriel Guedj (Maître de conférences en histoire des sciences, Université Montpellier 2), *L'énergie, le concept des concepts !*, Agora des Savoirs, 2012. <http://www.mshsud.tv/spip.php?article433>
- Olivier Pujol (maître de conférences à l'Université de Lille), *Qu'est-ce que l'énergie ?*, Interview par De Boeck. <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/energie-energie-15884/>
- Définition de l'énergie Hydro Québec. <http://www.hydroquebec.com/residentiel/espace-clients/tarifs/lexique.html>
- Définition de l'énergie du dictionnaire Larousse. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/%C3%A9nergie/29421>
- Dossier sur l'énergie : <https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/%c3%a9nergie/184802>



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

