**Chapitre I. Introduction aux systèmes énergétiques**

**I.1.Définition : énergie**

Les [physiciens](https://www.futura-sciences.com/sciences/skillz/metiers/metiers-physique-physicien-42/) adoptent le terme d'[énergie](http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/dossiers/d/physique-energie-sous-toutes-formes-1876/) pour indiquer une capacité à modifier un état ou à produire un travail entraînant un [mouvement](https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-mouvement-316/) ou produisant un [rayonnement électromagnétique](http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/qr/d/matiere-chaleur-rayonnement-infrarouge-1780/) - de la [lumière](https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-lumiere-326/), par exemple - ou de la [chaleur](https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-chaleur-15898/). Le mot vient d'ailleurs du grec et signifie « force en action »

On appelle énergies primaires, les énergies directement accessibles dans la nature : énergies fossiles, énergie nucléaire et énergies renouvelables, ces énergies constituant le « mix énergétique ».

**I.1.2.Les différentes formes d’énergies**

* L'énergie mécanique;
* L'énergie thermique;
* L'énergie radiative ou lumineuse;
* L'énergie chimique;
* L'énergie électrique;
* L'énergie nucléaire;
* Les énergies primaires;
* Les énergies secondaires.



**Figure I.1 :** Les différentes formes d’énergies

**I.1.3.Définitions – Conditions – Expressions**

1/L’énergie mécanique : d’un solide est la somme de son énergie cinétique (due à sa vitesse et à sa masse) et son énergie potentielle (due à sa position en altitude, à la gravitation planétaire et à sa masse).

 **Ec= 1/2MV2**

2/ L’énergie cinétique : est le demi-produit de sa masse M

par le carré de sa vitesse v² à une date (instant) donnée et

dans un référentiel galiléen préalablement choisi.

**Epp = M.g.h**

ou**Epp = M.g.z**

ou**EpA = M.g.zA**

3/L’énergie potentielle de pesanteur : est le produit de sa masse

M par l’intensité g de la pesanteur planétaire et par l’altitude

h ou z définie sur l’axe vertical orienté vers le haut.

En général, z = h + constante (altitude du sol).

On dira que l’énergie potentielle est définie à une constante près.

A étant la position du centre d’inertie du solide étudié à un instant donné.

EpA: L’énergie cinétique est une grandeur arithmétique (sans signe) alors que l’énergie potentielle est une grandeur algébrique (peut prendre des valeurs négatives

I.5.Conservation de l’énergie mécanique

En chute libre verticale ou parabolique dans l’air, si les vitesses ne dépassent pas quelques mètres par seconde, l’énergie mécanique reste quasi-constante.

Si on constate une baisse de l’énergie mécanique, cette variation négative est due au travail des forces de frottement dans l’air qui ne sont plus négligeables pour des vitesses suffisamment élevées. Cette variation est négative car ces forces de frottement sont résistantes et effectuent par conséquent un travail négatif appelé aussi abusivement « travail résistant ».

Au contraire, si on constatait une augmentation d’énergie mécanique, cette variation positive serait due à l’apparition de nouvelles forces qui ne pourraient être que des forces motrices effectuant un travail positif appelée abusivement « travail moteur ».

EpA: On constate donc une « logique » de correspondance de signe entre la variation d’énergie mécanique et le travail de toute force nouvelle apparaissant en plus du poids du solide chutant librement. En effet, la chute libre n’a de sens que si le solide est abandonné à lui-même en étant seulement en interaction à distance avec sa planète (la terre pour nous).

**I.1.4.Variation de l’énergie potentielle**

* Si un solide est mouvement dans un référentiel galiléen, à altitude constante, Ep ne varie pas.
* Si, des positions A en B, il s’élève en altitude, Ep augmente : EpB – EpA> 0 et **W**AB**(P)**< 0
* Si, des positions A en B, il s’abaisse en altitude, Ep diminue  : EpB – EpA< 0 et **W**AB**(P)**>0

Travail du poids : **W**AB**(P)** = M**.**g.(zA – zB) et**Ep** = EpB – EpA = M.g.zB – M**.**g.zA = M**.**g.(zB– zA).Pendant le mouvement du solide, le travail de son poids est opposé à sa variation d’énergie potentielle.

**I.1.5.Mesure de l’énergie.**

Nous pouvons mesurer une quantité d’énergie quelconque par la quantité de chaleur que l’on obtiendrait en la transformant intégralement en énergie thermique.

Cette quantité de chaleur sera exprimée en Calories ( cal ).

**I.1.5.1.Unité d’énergie.**

La calorie est une unité « hors système international » et doit être abandonnée au profit de l’unité légale .Cependant, elle est encore très utilisée pour les quantités de chaleur, il faut donc la connaître :

|  |
| --- |
| **cal = 4,18 Joules** |

* Électron-volt (eV) : 1 eV = 1,602.10-19 J
* Erg (erg) : 1 erg = 10-7 J
* British Thermal Unit (Btu ou BTU) : 1 BTU = 1 055 J
* kilowattheure (kW.h ou kWh) : 1 kWh = 3,6.106 J
* Tonne de TNT : 1 tonne de TNT = 4,184.109 J
* Tonne d’équivalent pétrole (tep) : 1 tep = 4,186.1010 J
La valeur en est fixée de manière conventionnelle.
1 tep = 7,33 barils de pétrole

**Tableau I.1 :** Nature de l’énergie

****

**Tableau I.2 :** Unités usuelles des différentes énergies

****

**I.1.5.2.Principe de conservation**.

**Définition.**

L’orsqu’une énergie est transformée d’une forme en une ou plusieurs autres formes, la somme des quantités d’énergies obtenus est égale à la quantité d’énergie initiale.

**Exemple.**

900 J

(Mécanique)

1000 J

(Électrique

)

Moteur

Électrique

100 J

(Thermique**)**

**I.1.5.3.Principe de dégradation.**

**Définition.**

Au cours d’une transformation d’énergie d’une forme en une autre il y a toujours apparition

d’énergie thermique, même si cette forme d’énergie n’est pas celle désirée.

1. **Interprétation des 2 principes**.

Dans toute transformation d’énergie, on peut écrire :

|  |  |
| --- | --- |
| Energie absorbée = Energie utile + Energie perdue | Wa = Wu + Wp |

1. **Rendement**.

**Définition**.

Le rendement d’une machine est le rapport de l’énergie utile qu’elle restitue par l’énergie totale qu’elle absorbe.

|  |
| --- |
| η (Rendement) = Wu / Wa |

**Remarques.**

- Le rendement un rapport de deux grandeurs physiques de même nature, c’est donc un nombre sans unité.

- L’énergie utile est plus petite que l’énergie absorbée, le rendement est donc toujours plus petit que 1.

- On exprime de préférence le rendement en pourcentage ( % ). Par exemple un rendement de 0,82 est un rendement de 82 %.

- Quelle que soit la formule employée, l’énergie utile et l’énergie absorbée doivent être exprimées avec la même unité.

1. **Autres unités d’énergie.**

**-** Le watt-heure qui est égal à 3600 Joules.

- La thermie : 1 th = 1.106 cal = 4,18 106 Joules.

**I.1.6.Puissance**

**Définition.**

La puissance d’une machine se mesure par l’énergie qu’elle absorbe dans l’unité de temps.

**Calcul.**

|  |  |
| --- | --- |
| Puissance = Energie / Temps | P ( w) = W ( J ) / T ( s ) |

**I.1.6.1.Unité de puissance**

1. **Unité légale.**

C’est le Watt ( w ).

Le watt est la puissance d’une machine qui absorbe une énergie de 1 joule en 1 seconde.

1. **Autre unité.**

Le cheval vapeur ( ch ) : 1 ch = 736 W.

**Puissance absorbée et une puissance utile.**

Quelle que soit la durée de fonctionnement on a :

Wa = Wu + Wp

donc : Pa = Pu + Pp

Il y a conservation de la puissance comme il y a conservation de l’énergie.

Le rendement peut se calculer avec les puissances :

|  |
| --- |
| η (Rendement) = Pu / Pa |

**I.2.Les modes de production de l’énergie électrique**

L’alternateur est la partie commune à toutes les centrales électriques : l’énergie mécanique reçue par l’alternateur est convertie en partie en énergie électrique. Pour cela, l’alternateur est couplé à une turbine en rotation. Les centrales électriques produisent de l’énergie électrique en utilisant une source d’énergie dite primaire.

**1) La centrale électrique hydraulique.**
· Source primaire : eau

**2) L’éolienne.**
· Source primaire : vent

**3 ) Les centrales thermiques.**

Dans les centrales thermiques à flamme (pétrole, gaz, charbon) et les centrales nucléaires, c’est de la vapeur d’eau sous pression, envoyée sur les pales de la turbine, qui fait tourner l’alternateur. Ces centrales ne diffèrent que par le dispositif qui produit la vapeur.

**4) Sources d’énergies renouvelables.**

Les énergies renouvelables proviennent de sources inépuisables (Soleil, vent, eau, géothermies, marées) ou renouvelables à l’échelle d’une vie (bois, plantes).

Le pétrole, le gaz, le charbon et l’uranium ne sont pas des énergies renouvelables car leurs réserves sont limitées et s’épuisent.

**5 grandes catégories d’énergies renouvelables :**

* L’énergie **hydraulique** (centrales hydrauliques ou marémotrices)
* L’énergie **éolienne** (énergie du vent)
* L’énergie **solaire** (énergie du rayonnement solaire convertie en chaleur ou en énergie électriques)
* L’énergie **géothermique** (on puise la chaleur dans le sol pour chauffer des habitations ou produire de l’électricité)
* L’énergie de la **biomasse** : c’est l’énergie que l’on peut extraire des végétaux comme le bois (centrale thermique) ou les plantes (carburant).



**Figure I.2** : Les différents types de centrales électriques

**I.3** **Les défis associés à la transition énergétique**

 **I.3.1 l'énergie dans la société**

L'énergie est au cœur du développement. Elle ouvre la voie aux investissements, aux innovations et à des secteurs nouveaux qui sont autant de moteurs de création d'emplois, de croissance inclusive et de prospérité partagée. Pourtant, près de 733 millions d'habitants de la planète vivent encore sans électricité. [L’énergie joue un rôle unique et crucial dans le monde. Sans transport ou sans conversion d'énergie, aucune activité (aucun « travail ») ne peut avoir lieu.L'utilisation de l'énergie permet de satisfaire des besoins humains appartenant in fine aux trois grandes catégories que sont la production de chaleur ou de froid (aussi appelée « usage fixe »), la mobilité et les usages couverts spécifiquement par l'électricité.](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=762ab9e02ec533b2JmltdHM9MTY5Nzc2MDAwMCZpZ3VpZD0xZWI1NTJkMS1hNmY2LTY2NzgtMjE4MS00MGVmYTc4MTY3ZDQmaW5zaWQ9NTAwOQ&ptn=3&hsh=3&fclid=1eb552d1-a6f6-6678-2181-40efa78167d4&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cudGhlY2FuYWRpYW5lbmN5Y2xvcGVkaWEuY2EvZnIvYXJ0aWNsZS9lbmVyZ2llLWV0LXNvY2lldGUjOn46dGV4dD1MJTI3JTIwJUMzJTg5TkVSR0lFJTIwam91ZSUyMHVuJTIwciVDMyVCNGxlJTIwdW5pcXVlLGV4ZW1wbGUlMkMlMjB1bmUlMjBjaGF1ZGklQzMlQThyZSUyMG91JTIwdW4lMjBtb3RldXIlMjkuJnRleHQ9TCUyNyUyMCVDMyU4OU5FUkdJRSUyMGpvdWUlMjB1bixjaGF1ZGklQzMlQThyZSUyMG91JTIwdW4lMjBtb3RldXIlMjkuJnRleHQ9am91ZSUyMHVuJTIwciVDMyVCNGxlJTIwdW5pcXVlLGV4ZW1wbGUlMkMlMjB1bmUlMjBjaGF1ZGklQzMlQThyZSUyMG91&ntb=1" \t "_blank)

**I.3.2.[L'importance de l'efficacité énergétique dans l'industrie](https://motorline.pt/fr/blog/limportance-de-lefficacite-energetique-dans-lindustrie/)**

L’efficacité énergétique est la tentative d’utiliser moins d’énergie sans sacrifier les activités quotidiennes de l’être humain a mise en œuvre de systèmes et de méthodologies permettant de mesurer et d’optimiser l’efficacité énergétique peut réduire cette consommation, en fournissant deux valeurs différenciées.

**I.3.2. Avantages de l'efficacité énergétique dans l'industrie**

Compte tenu des quatre clés de l’efficacité énergétique dans l’industrie, nous pouvons faire un dernier récapitulatif de ses avantages:

* Augmentation de la productivité: l’efficacité énergétique consiste à maintenir la productivité tout en réduisant l’énergie consommée pour réaliser les mêmes processus industriels.
* Engagement social et image de marque: au-delà de l’introduction de la transition énergétique et de l’engagement envers les objectifs
* Continuer à être compétitif sur le marché: une entreprise qui dépense moins pour sa facture d’électricité peut investir dans la production,, il est nécessaire d’atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO2 des Nations unies, en évitant les pénalités financières.
* Gagner du temps et de l’argent: l’efficacité énergétique comprend également la gestion de l’énergie qui vous permet de contrôler tous les processus et solutions appliqués afin qu’ils atteignent leur potentiel maximal.

**[L'énergie, son importance pour l'économie](https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/2400)**

 Tous les collaborateurs d’une entreprise sont concernés par l’énergie, ne serait-ce qu’en allumant ou en éteignant une lampe à leur place de travail. Mais la question énergétique ne relève du cahier des charges que d’un petit nombre de personnes. Gérer l’énergie c’est introduire les intérêts énergétiques dans la planification de l’exploitation. En mettant en évidence les questions suivantes:

* Comment diminuer les coûts de l’énergie?
* Qui peut influencer sa consommation, celle de l’électricité notamment?
* Quel système de surveillance et de commande convient-il le mieux au but recherché?
* Quels mécanismes fournissent les meilleurs projets de rendement énergétique?
* Quels instruments de contrôle introduire?

**Les défis associés à la transition énergétique**

Développer les énergies renouvelables électriques et réduire le taux d’émission de CO2 des véhicules ne suffiront pas à limiter le réchauffement climatique. L’Europe doit réagir.

**Cinq défis pour la transition énergétique**

1. S’inscrire dans une trajectoire à 1,5 °C ;
2. Inventer une fiscalité climat juste;
3. Articuler les politiques énergétiques, industrielles et agricoles;
4. Développer les gaz renouvelables et le captage de CO2;
5. Sortir du charbon.

**Scénarios et perspectives.**

 • **Scénario énergétique transformateur** : il décrit une voie ambitieuse, mais réaliste, basée sur l'accroissement à grande échelle des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique avec la promptitude requise pour pouvoir réaliser les objectifs climatiques.

 • **Perspective de décarbonisation approfondie** : elle examine les solutions destinées à réduire davantage, voire nullifier, les émissions de CO2 liées aux processus énergétiques et industriels.

 • **Analyse socio-économique** : elle associe les systèmes énergétiques aux économies dans un cadre cohérent, mondial et quantitatif utilisant un modèle macro-économétrique.

**I.4.Exercice d’application**

Qu’est ce que l’énoncé à problème ?

Un énoncé de problème est une courte rédaction qui introduit généralement un rapport ou une proposition pour développer le problème ou la question que le document souhaite adresser au lecteur

**Exercice n°1**

Calculer l'énergie cinétique d'une voiture de masse 1,25 tonne roulant à la vitesse de 50 km.h-1

Calculer cette énergie si elle roule à 100 km.h-1. Quel est le rapport des énergies si la vitesse est doublée ?

 **Ec= 1/2MV2**

L’énergie cinétique d’une masse en translation est donnée par :

**Exercice n°2**

L’expression littérale de l'énergie potentielle de pesanteur d’un objet est **Epp = mgz** Avec

z = hauteur de l’objet par rapport à l’origine de mesure

1. Préciser la signification des termes et leur unité.

2. Lors d'une figure de freestyle, une kitesurfeuse de masse m = 50 kg réussit à s'élever à 7,0 m au-dessus de la mer. En prenant le niveau de la mer comme référence des énergies potentielles, calculer son énergie potentielle de pesanteur au point le plus haut de son saut.

**Exercice n°3**

1) Une étudiante passe un aspirateur de puissance 1300 W dans sa chambre, pendant 8 minutes. Calculer, en joules, l'énergie transférée à cet appareil pendant la durée du nettoyage. Exprimer ensuite ce résultat en kWh.

2) Cette même étudiante révise son chapitre de Système énergétiques de chimie d'hydrogène

pour le prochain contrôle pendant 1 heure et 30 minutes. Pour cela, elle s'éclaire avec une lampe de bureau de 60 W. Calculer, en kWh, l'énergie transférée à cette lampe pendant cette révision. Exprimer ensuite ce résultat en joules.

3) Calculer le prix de cette séance de nettoyage et de révisions sachant que le prix d'un kilowattheure est de 0,0926 Da.

**Exercice n°4**

Pour décorer sa maison à l'approche du nouvel an, une famille a décoré l'extérieur de sa maison avec deux guirlandes de 160 ampoules chacune. Cela lui coûte environ 3 Da par jour pour 4 heures de fonctionnement quotidien.

 1) Calculer l'énergie transformée par les lampes chaque jour, sachant que le prix du kilowattheure est de 0,0926 Da.

2) En déduire la puissance transformée par l'ensemble des lampes.

3) Calculer la puissance d'une lampe en supposant qu'elles sont toutes identiques.

4) Quelle somme aura déboursé cette famille pour cet éclairage si celui-ci décore sa maison durant 3 semaines ?

**Solution d’exercices**

Solution de l’exercice n**°**1

Réponse:

A 50 km/h on a : Ec = 1/2\*1250\* (50\*1000/3600)2 = 120563J

A 100 km/h on a 1/2\*1250\* (100\*1000/3600)2 = 482253 J

Le rapport des énergies vaut 12056 3/ 482253 = 4, c’est-à-dire que l’énergie est quadruplée lorsque la vitesse est doublée.

De même elle serait multipliée par 9 lorsque la vitesse est triplée (3V) 2

Solution de l’exercice n**°**2

Réponses : 1. m = masse en kg

g = accélération de la pesanteur

 z=hauteur de l’objet en m

2. **Epp = mgz** = 7 x 81 , 9 x 50 =3468.5 j

Solution de l’exercice n**°**3

1. Une étudiante passe un aspirateur de puissance 1300 W dans sa chambre, pendant 8 minutes. Calculer, en joules, l'énergie transférée à cet appareil pendant la durée du nettoyage. Exprimer ensuite ce résultat en kWh

8 minutes = 8 x 60 s = 480 s

E = P. t = 1300 480 = 624 000 J

E = 624 000 / 3,6x106 ≈ 0,17 kWh

Cette même étudiante révise son chapitre de Système énergétiques de chimie d'hydrogène

1. pour le prochain contrôle pendant 1 heure et 30 minutes. Pour cela, elle s'éclaire avec une lampe de bureau de 60 W. Calculer, en kWh, l'énergie transférée à cette lampe pendant cette révision. Exprimer ensuite ce résultat en joules

1h 30 min = 1,5 h

60 W = 0,06 kW

E = P. t = 0,06 kW x 1,5 h = 0,09 kWh

E = 0,09 x 3,6x106 = 324 000 J

1. Calculer le prix de cette séance de nettoyage et de révisions sachant que le prix d'un kilowattheure est de 0,0926 Da.

 Le coût sera de (0,17 + 0,09) kWh x 0,0926 Da ≈ 0,024 Da = 2,4 cts

Solution de l’exercice n**°**4

1. Pour décorer sa maison à l'approche du nouvel an, une famille a décoré l'extérieur de sa maison avec deux guirlandes de 160 ampoules chacune. Cela lui coûte environ 3 Da par jour pour 4 heures de fonctionnement quotidien. 1) Calculer l'énergie transformée par les lampes chaque jour, sachant que le prix du kilowattheure est de 0,0926 Da.

 E = 3 Da / 0,0926 Da ≈ 32,40 kWh

1. En déduire la puissance transformée par l'ensemble des lampes.

 E = P. t donc P = E / t = 32,40 kWh / 4 h = 8,1 kW = 8100 W

1. Calculer la puissance d'une lampe en supposant qu'elles sont toutes identiques.

On a en tout 2 x 160 = 320 lampes

La puissance d'une lampe est de 8100 / 320 ≈ 25,31 W ≈ 25 W

1. Quelle somme aura déboursé cette famille pour cet éclairage si celui-ci décore sa maison durant 3 semaines ?

3 semaines = 21 jours 3 Da x 21 jr = 63 Da de dépensés