

**UNIVERSITÉ ABOU BAKR BELKAÏD, TLEMCEEN  
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT DE GENIE INDUSTRIEL**

**Matière : Energies et Environnement**

**Chapitre 1: Les différentes ressources d'énergie**

**Cours destiné aux :  
Etudiants du L2 Genie Industriel**

**Responsable de la matière :  
Dr H.KADRAOUI**



- Introduction
- C'est quoi l'énergie ?
- Unités d'énergie
- Formes d'énergie
- Les transformations de l'énergie
- Sources d'énergie
- Qu'est-ce que l'effet de serre ?
- Du Protocole de Kyoto au COP 21 ?
- A retenir
- Quiz ?



- Parce que **l'énergie est à l'origine de tout** ! Rien ne peut se faire sans elle. Pour courir, pour se chauffer, pour manger on consomme toujours de l'énergie. C'est grâce à elle que tous les organismes vivants peuvent se développer.
- Malheureusement l'énergie n'est plus uniquement une question purement économique et scientifique mais de plus en plus l'objet de **la protection de l'environnement**.
- Ce chapitre présente un travail exploratoire sur les différentes énergies existantes, **leurs sources et l'impact de leurs utilisations sur l'environnement**.

# C'est quoi l'énergie ?

- L'énergie c'est la capacité d'exercer une force qui permet aux choses de bouger ou de se transformer. Autrement dit, **l'énergie caractérise la capacité à modifier un état**, à produire un travail entraînant un mouvement, ou produisant par exemple de la lumière, de la chaleur ou de l'électricité.
- Elle se manifeste de différentes manières : **la chaleur** et **la lumière du soleil**, **la force de l'eau** ou du **vent**... Mais on peut **la transformer** ! Quand on l'utilise elle ne se perd pas, elle change simplement de forme... et de nom !

# Unités d'énergie

L'unité officielle de toutes les énergies est le JOULE (J).

Par usage et par la pratique, on utilise d'autres unités :

- La tonne d'équivalent Pétrole (tep) : pour les économistes.  **$1 \text{ tep} = 4,18 \cdot 10^{10} \text{ J}$**
- Le kilo Watt-heure (kWh) : pour l'énergie électrique.  **$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$**
- La calorie (cal) : pour mesurer les quantités de chaleur, surtout en alimentaire.  
 **$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$**
- L'électron-Volt (eV) : pour les énergies des atomes et particules.  **$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$**
- Autres unités : La thermie :  **$1 \text{ th} = 4\,186\,800 \text{ J} = 10^6 \text{ cal}$**   
Le british thermal unit :  **$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J}$**

- L'énergie se manifeste sous différentes formes. Il est possible de transformer une forme d'énergie en une autre, plus ou moins facilement.
  - ✓ Energie mécanique
  - ✓ Energie thermique
  - ✓ Energie chimique
  - ✓ Energie électrique
  - ✓ Energie nucléaire
  - ✓ Energie de rayonnement



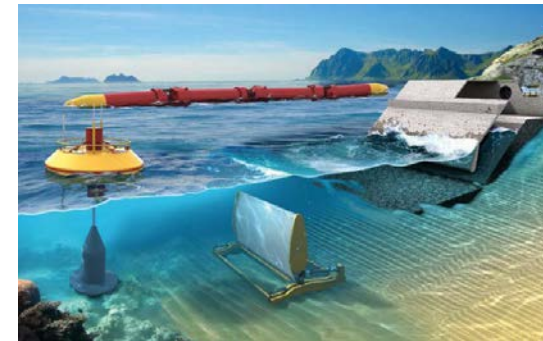
## Energie mécanique

Ce terme regroupe deux formes d'énergie :

L'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

L'énergie cinétique est l'énergie des corps en mouvement. On peut encore la subdiviser en :

- Energie hydraulique : mouvement des cours d'eau dans les barrages
- Energie marémotrice : mouvement des marées
- Energie houlomotrice : mouvement des vagues, de la houle
- Energie éolienne : mouvement de l'air (vent)



Ces énergies peuvent être converties en énergie électrique, ou en une autre énergie mécanique (moulins à eau, à vent)

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

## Energie mécanique

L'énergie potentielle est l'énergie des corps immobiles. Elle dépend de la position du corps. Elle ne se manifeste que lorsqu'elle est mise en mouvement.

Exemple : avant de sauter, un parachutiste possède une énergie potentielle qui sera transformée en énergie cinétique après le « Go ! »



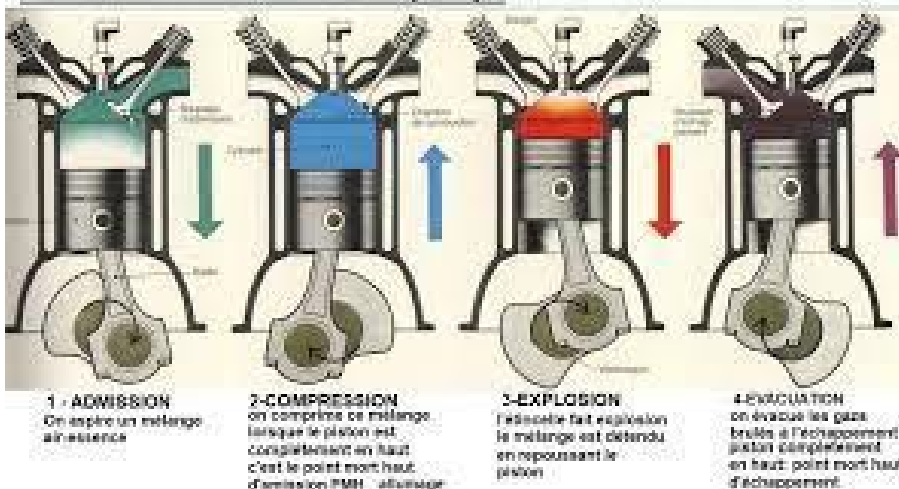
$$E_p = mgh$$



## Energie thermique

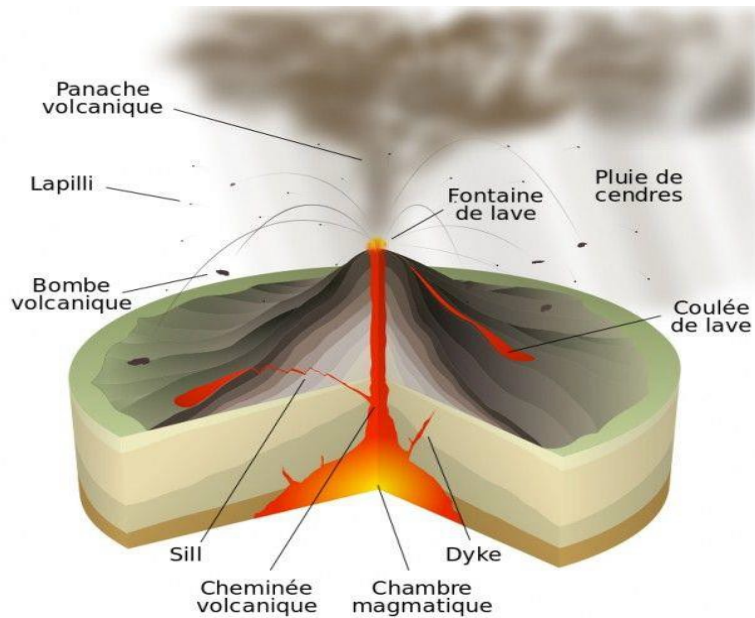
Cette énergie provient de l'agitation microscopique des atomes et des molécules d'une matière. Elle provient de la combustion du bois, du charbon, de dérivés du pétrole (fuel, gasoil, essence, gaz...) dans les centrales thermiques. La matière brûlée chauffe de l'eau qui s'évapore et fait tourner une turbine qui produit une autre forme d'énergie : l'électricité.

LE MOTEUR ESSENCE 4 TEMPS : le principe.

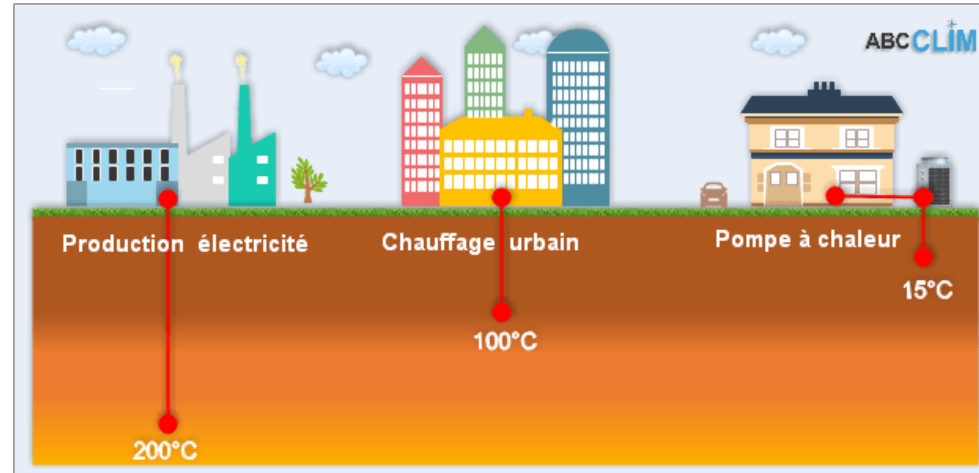


Dans une voiture, brûler de l'essence fait se déplacer un piston qui fait au final tourner les roues. On transforme ainsi une énergie thermique, elle-même issue d'une énergie chimique de combustion, en énergie mécanique.

## Energie thermique

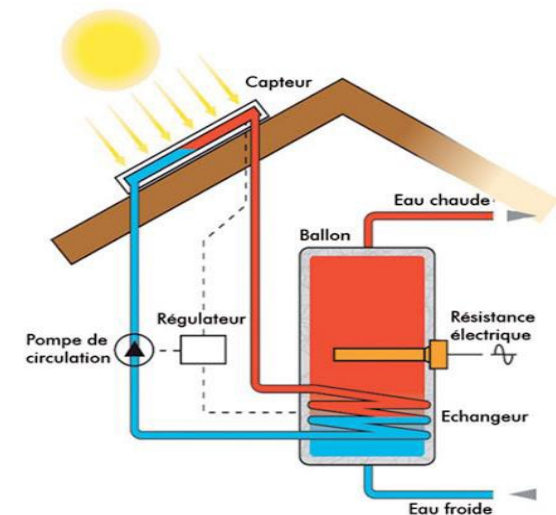


Elle est aussi responsable du volcanisme sur terre, par le mouvement du magma



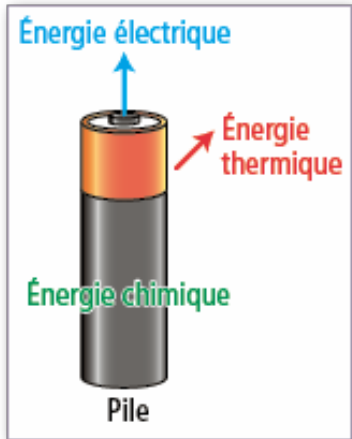
Elle procure l'énergie géothermique, en allant chercher les sources de chaleur dans le sous-sol.

A noter le solaire thermique, qui fournit de l'eau chaude à partir d'un fluide caloporteur qui capte les rayons du Soleil.



## Energie chimique

Elle provient de la réaction entre deux ou plusieurs entités chimiques par rupture ou création de liaisons entre atomes, par transferts d'électrons...



Par exemple, l'énergie chimique d'une pile, d'un accumulateur, ou d'une batterie est transformée en énergie électrique et en énergie thermique.

La digestion transforme nos aliments en énergie utilisable : mécanique (muscles), thermique (régulation de notre température), et le fonctionnement global du corps, même au repos ou pendant le sommeil.



## Energie électrique

Cette énergie est produite par le mouvement de charges, comme les électrons. Les sources de production d'énergie électrique sont les alternateurs (à partir d'énergie mécanique), les piles (à partir d'énergie chimique)...

Elle peut être transformée en autres types d'énergie :

- ❖ Résistances → **énergie thermique**
- ❖ Moteurs électriques → **énergie mécanique**
- ❖ Ampoules → **énergie de rayonnement + thermique**



Elle fait fonctionner un nombre important de nos machines.

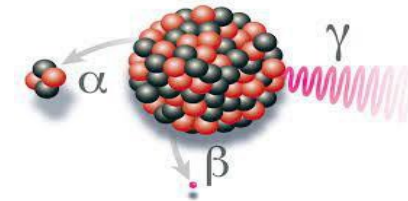
Le transport de l'énergie électrique se fait par l'intermédiaire d'un « **conducteur** » (métal, solution ou gel ionique...).



## Energie nucléaire

Cette énergie provient de modifications dans les noyaux des atomes. Il existe trois types de réactions nucléaires :

- La fission : les gros noyaux (comme l'Uranium) sont cassés en noyaux plus petits. C'est ce qui est utilisé dans les bombes atomiques et dans les centrales nucléaires. En simplifiant à l'extrême, cette énergie sert à chauffer de l'eau qui se vaporise et fait tourner une turbine produisant l'électricité.
- La radioactivité est un phénomène nucléaire naturel qui transforme des gros noyaux instables en noyaux stables, en émettant des particules et du rayonnement. Elle ressemble à la fission.
- La fusion, qui réunit des petits noyaux d'atomes pour en faire des plus gros. C'est l'énergie qui fait briller les étoiles !





# Energie de rayonnement

## Formes d'énergie

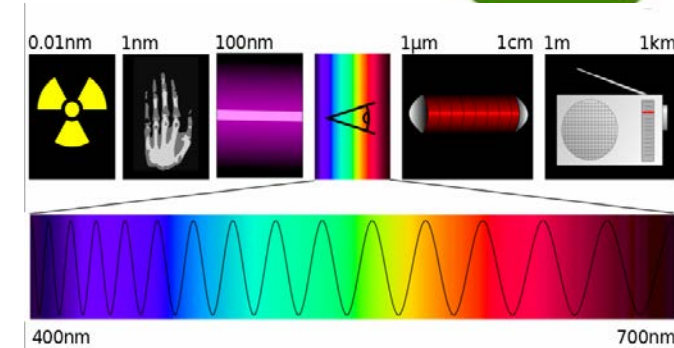
Il existe 3 principaux types de rayonnement :

- **Rayonnement électromagnétique** : lumière, rayons X, ondes radio... Il peut provenir d'une ampoule, d'un laser, du Soleil...

**Le rayonnement solaire peut être converti en énergie électrique grâce aux cellules photovoltaïques.**

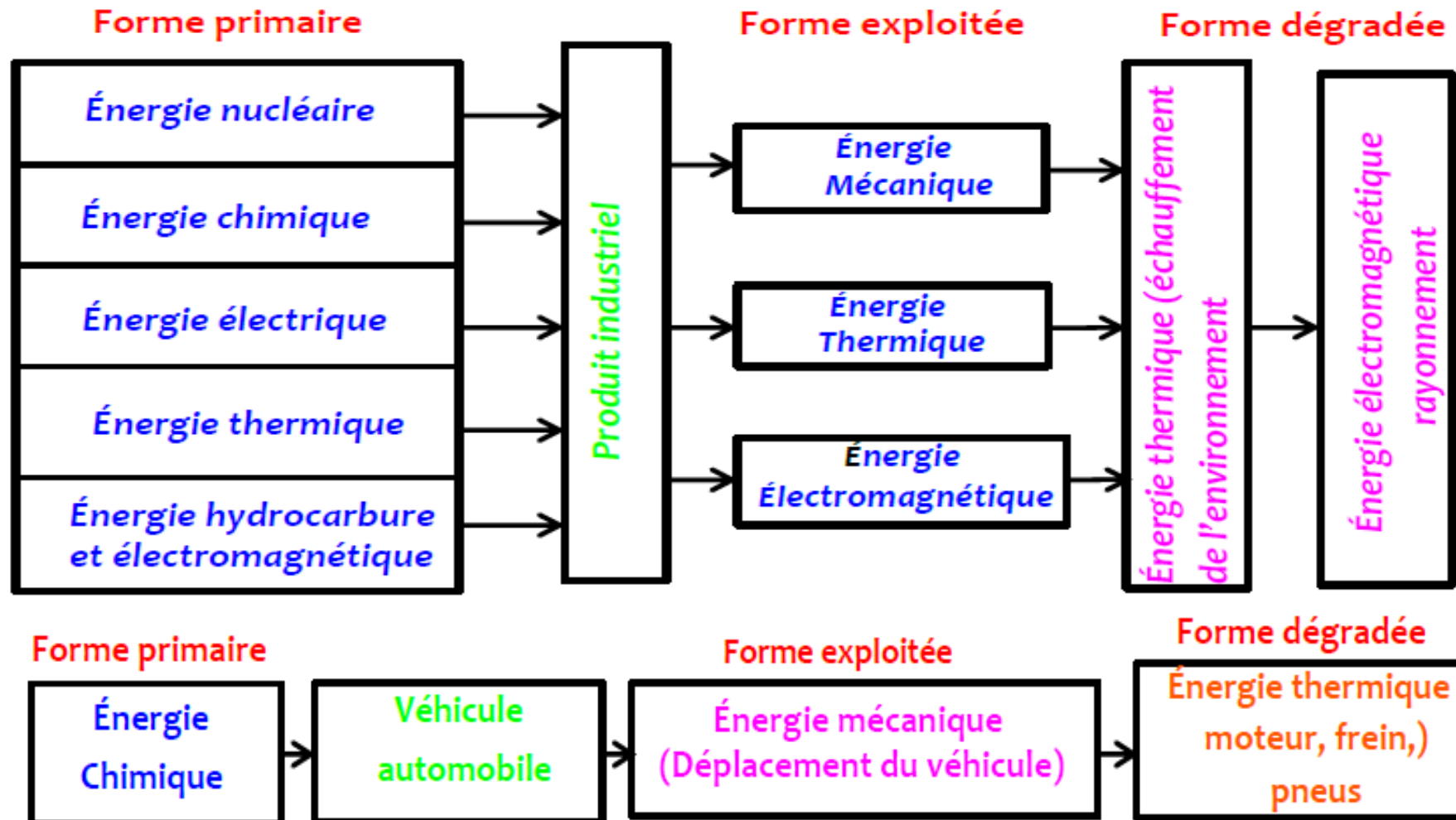
- **Rayonnement gravitationnel** : les ondes gravitationnelles, prévues depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, ont été mises en évidence récemment. Il vient du mouvement de corps célestes très massifs qui déforment l'espace-temps.

- **Rayonnement acoustique** : propagation (mouvement) d'une onde sonore. Il vient de la vibration d'une membrane de haut-parleur, par exemple.

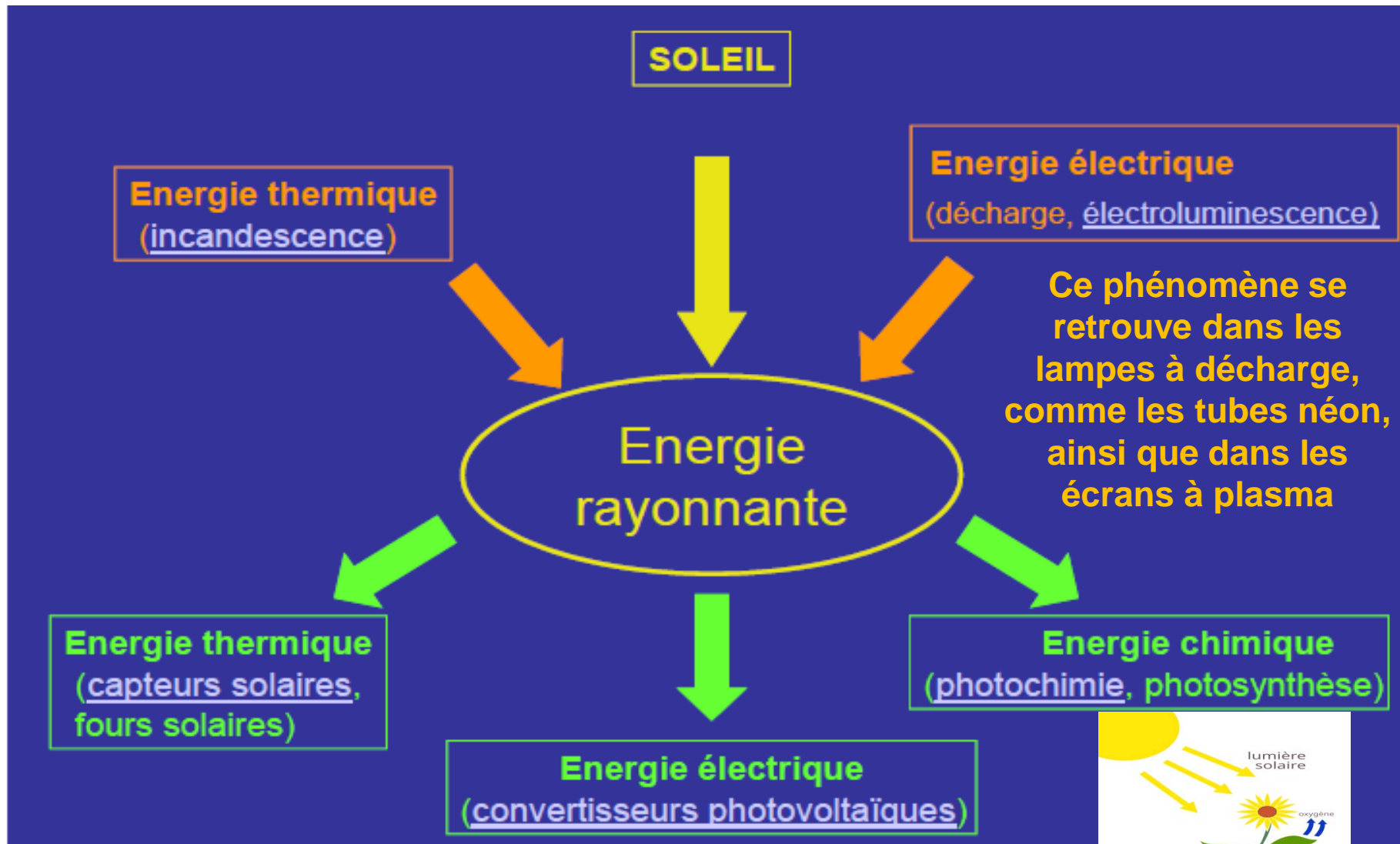


# Les transformations de l'énergie

L'humain, pour satisfaire ses besoins, a conçu des objets techniques et des systèmes technologiques qui convertissent une forme d'énergie en une autre qui convient davantage à l'utilisation souhaitée.



# Les transformations de l'énergie



**Incandescence** : état d'un corps que l'on a chauffé au delà de la chaleur rouge et jusqu'à ce qu'il présente sur sa surface une couleur blanche très éclatante.

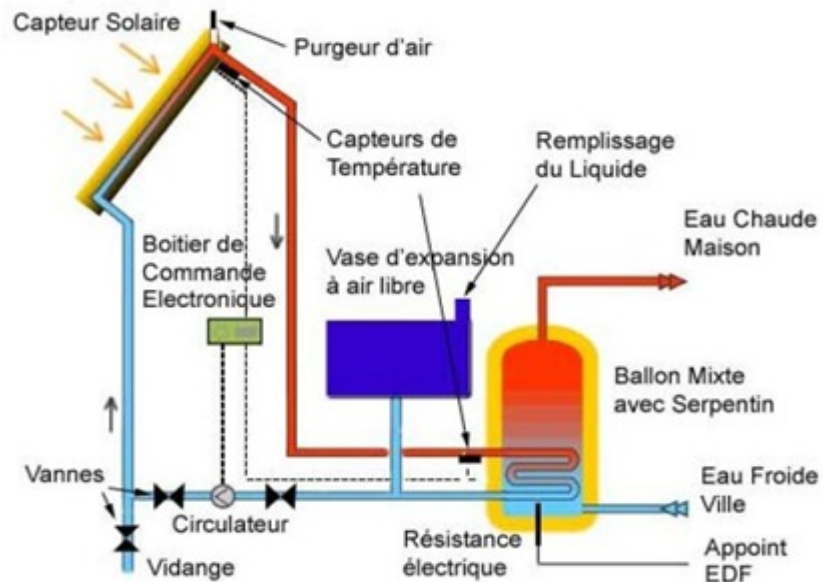




# Les transformations de l'énergie

Un capteur solaire thermique (ou capteur héliothermique) est un dispositif conçu pour recueillir l'énergie provenant du soleil et la transmettre à un fluide caloporteur.

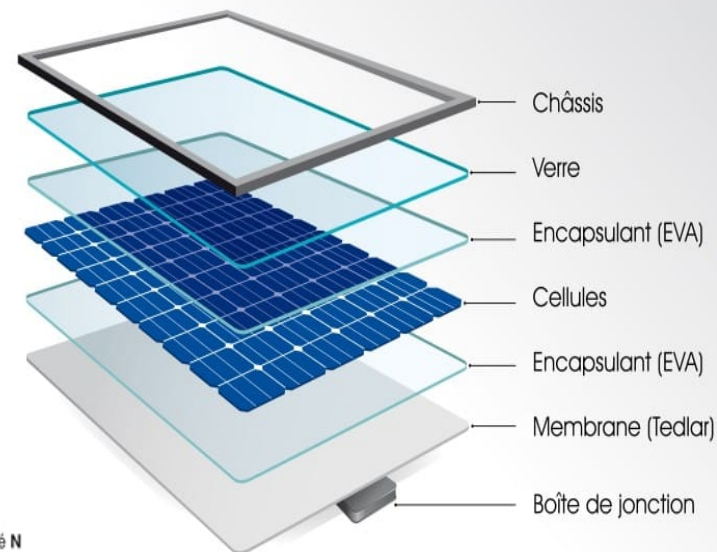
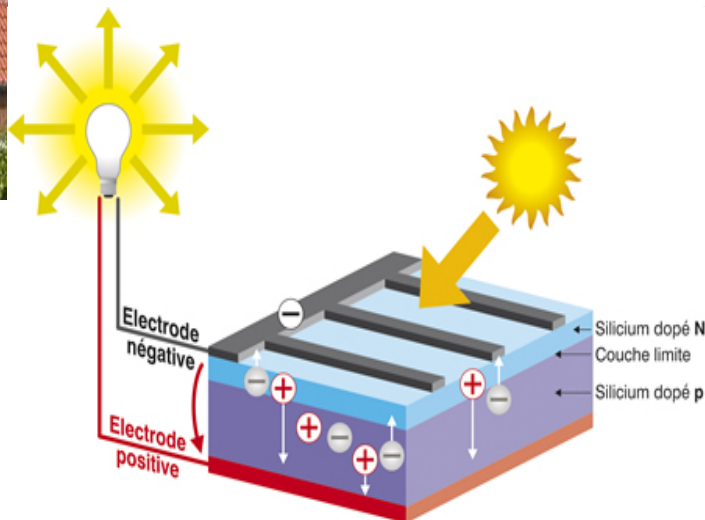
- Chauffe-eau solaire individuel
- Systèmes solaires combinés
- Eau chaude sanitaire solaire collective



# Les transformations de l'énergie

Les panneaux photovoltaïques sont composés des cellules photovoltaïques (PV) à base de silicium, et qui ont la capacité de transformer le rayonnement solaire en électricité

Les cellules PV : semi-conducteurs à base de silicium (Si), de sulfure de cadmium (CdS) ou de tellure de cadmium (CdTe).

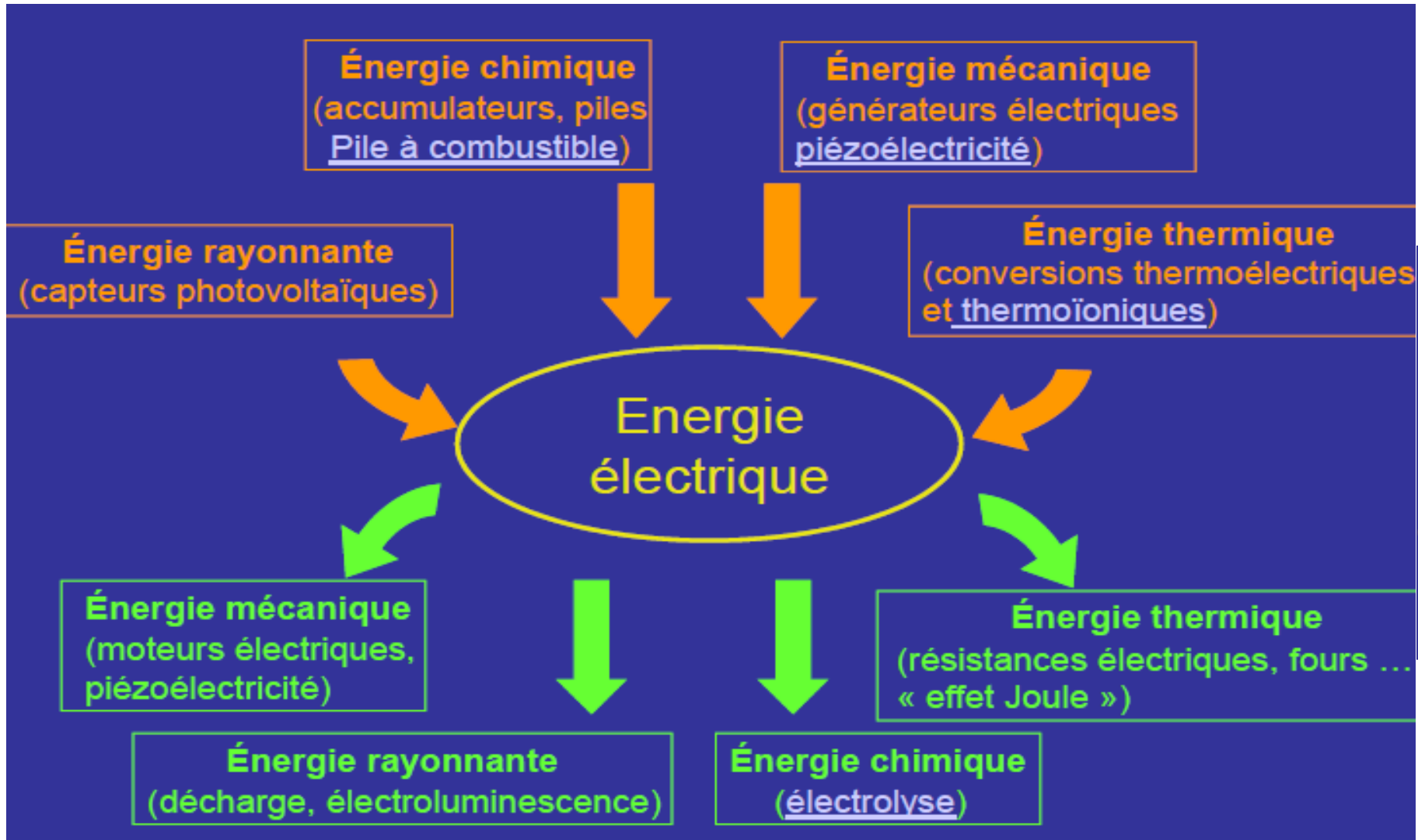


Cellule à base de silicium polycristallin



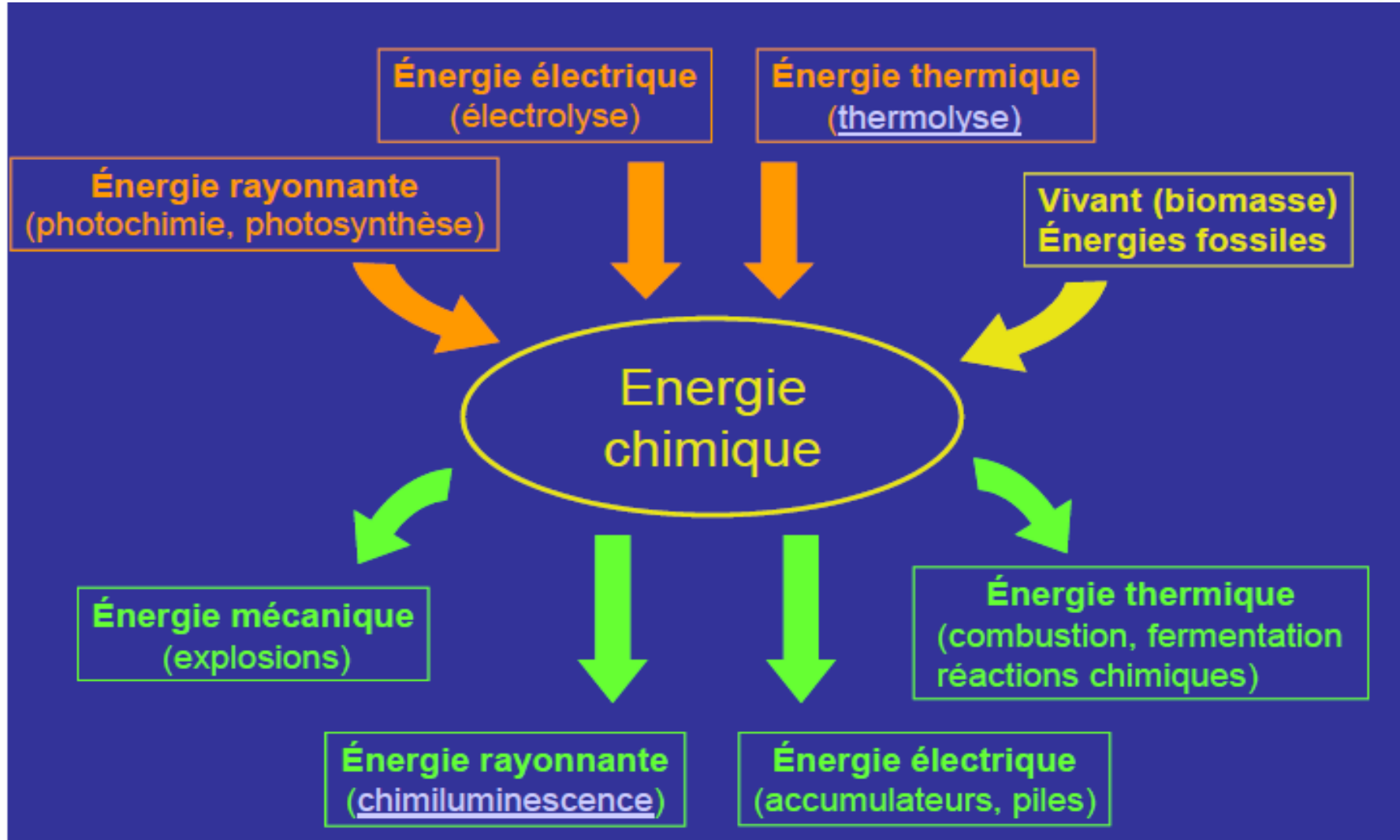


# Les transformations de l'énergie



Sous l'effet d'une contrainte mécanique, certains matériaux dits piézoélectriques (cristaux ou des céramiques) génèrent de l'énergie électrique.

# Les transformations de l'énergie

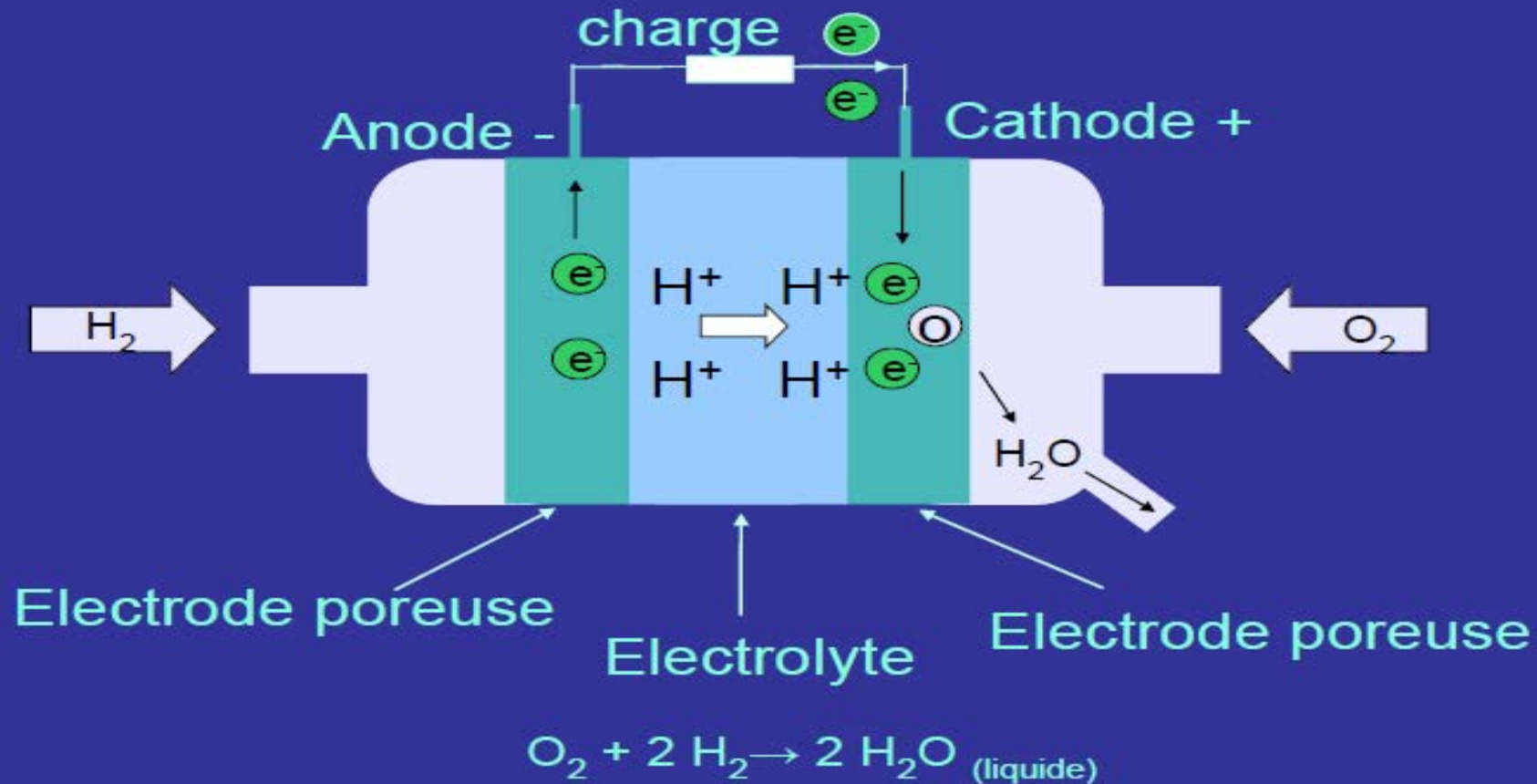


La thermolyse désigne un processus par lequel la chaleur provoque la décomposition de substances chimiques

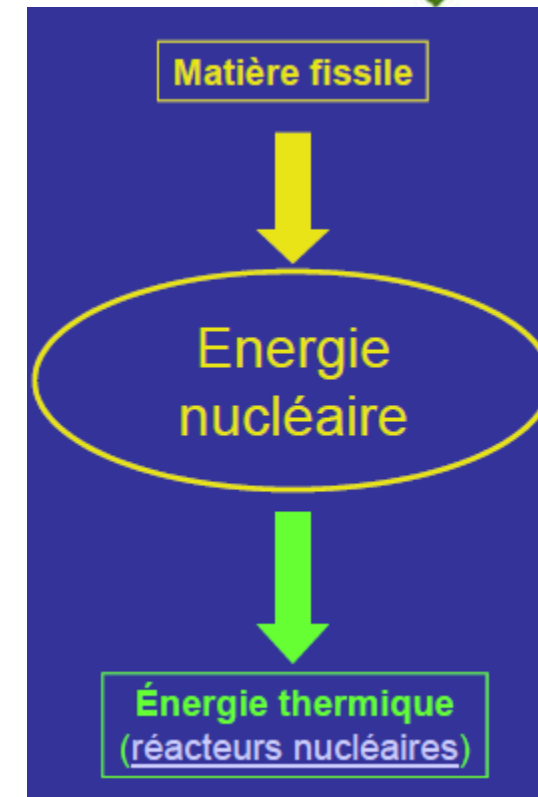
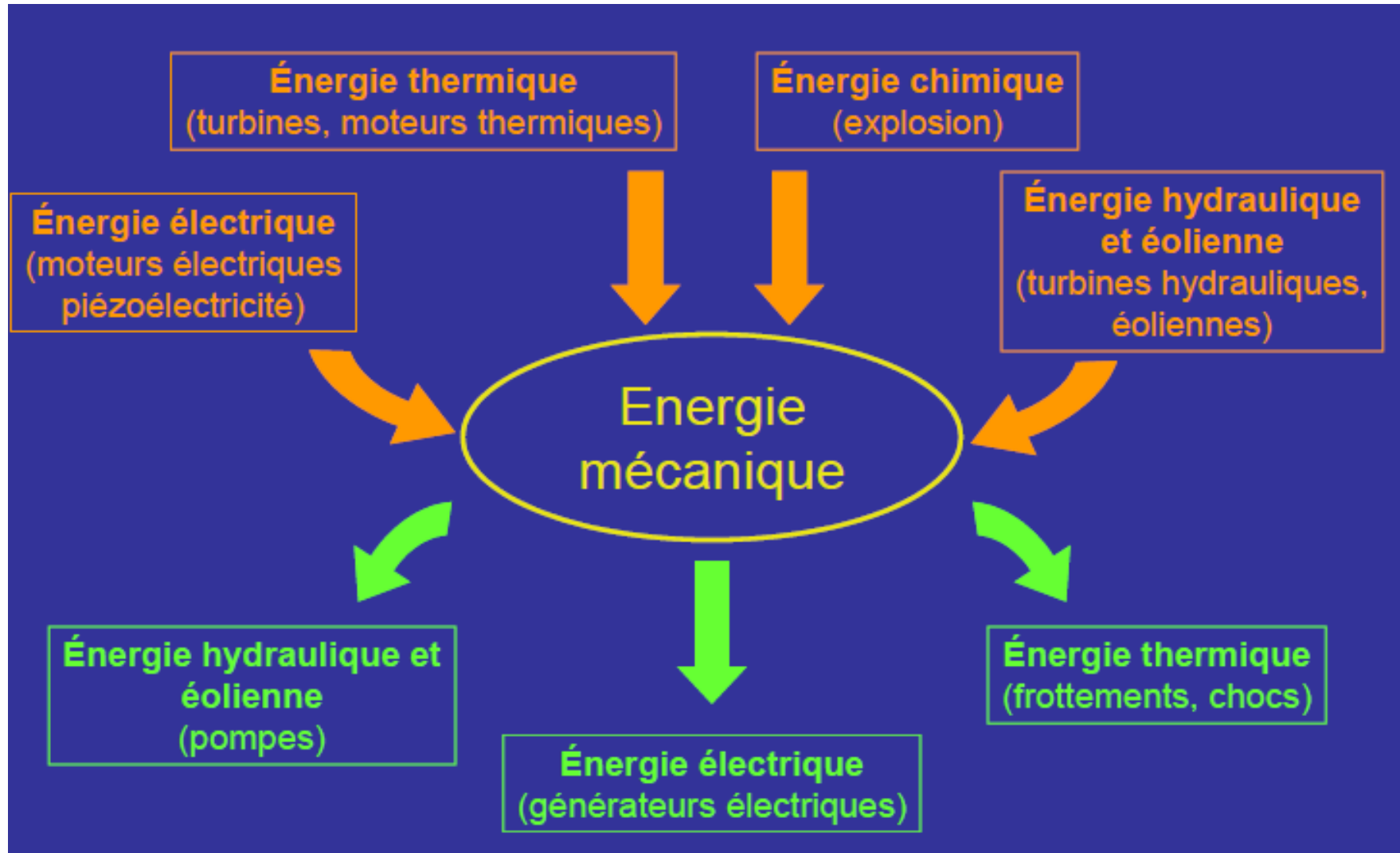
# Les transformations de l'énergie

## La pile à combustible

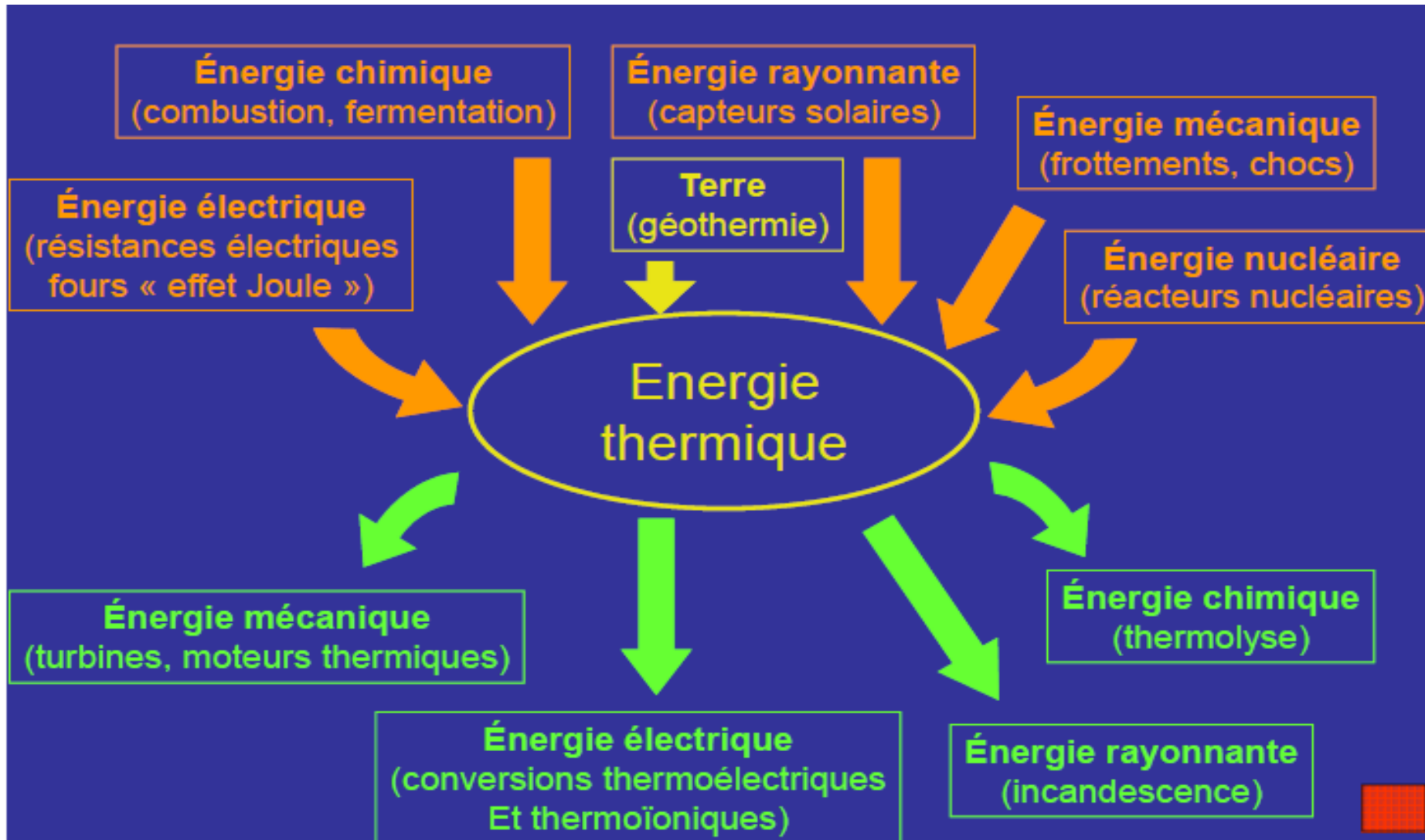
Energie chimique → énergie électrique



# Les transformations de l'énergie



# Les transformations de l'énergie





Les sources d'énergie sont :

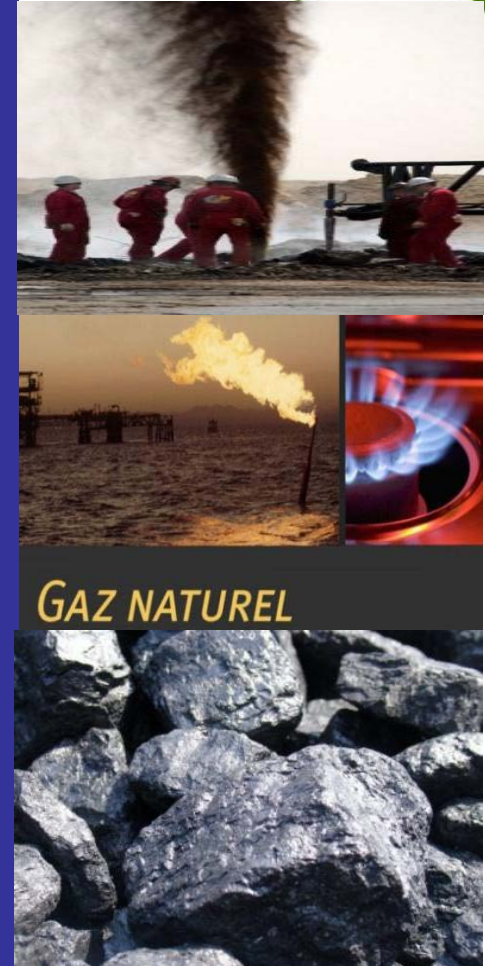
- ☐ Soit des **matières premières** (le pétrole, le gaz naturel, et le charbon, l'uranium...)
- ☐ Soit des **phénomènes naturels** employés pour produire de l'énergie ( le soleil, le vent, La chaleur des sols et des sous-sols, L'eau en mouvement..)
- ☐ On peut classer ces sources en **énergie non renouvelable et renouvelable.**
- ☐ Il existe 2 grandes sortes d'énergie non renouvelable : l'énergie fossile et l'énergie nucléaire

# Les énergies non renouvelables

## Sources d'énergie

Les énergies fossiles résultent d'un processus de fossilisation qui a pris plusieurs millions d'années.

- Pétrole
- Gaz naturel
- Charbon
- Présentes en quantités limitées
- Non renouvelables (à l'échelle historique)
- Génératrices de déchets polluants
- Émission de gaz à effet de serre (GES)



## Les énergies non renouvelables

**Le pétrole** est un mélange d'hydrocarbures et de molécules, appelées résines et asphaltènes, contenant également d'autres atomes, principalement du soufre, de l'azote et de l'oxygène.

Comparé aux autres sources d'énergie utilisées par l'homme avant sa découverte :

- C'est d'abord une source d'énergie dense : elle offre une grande quantité d'énergie pour un faible volume.
- C'est aussi une source d'énergie liquide : facile à pomper, à stocker, à transporter et à utiliser.



# Les énergies non renouvelables

## Sources d'énergie

**Le pétrole** est devenu, à partir des années 50, la première source d'énergie dans le monde.

**Sa forte densité énergétique** en fait la matière première des carburants qui alimentent les transports (voitures, camions, avions, etc.).

C'est aussi une matière première irremplaçable utilisée par **l'industrie de la pétrochimie** pour un nombre incalculable de produits de la vie quotidienne : **matières plastiques, peintures, colorants, cosmétiques, etc**





# Les énergies non renouvelables

## Sources d'énergie

**Le pétrole** sert aussi comme combustible dans le chauffage domestique et comme source de chaleur dans l'industrie.

**Remarque:**

**En raison des chocs pétroliers de 73 et 79 et de la montée en puissance du nucléaire, et du gaz naturel,** pour la production d'électricité. On observe également aujourd'hui à un recours croissant au charbon pour la production d'électricité.





# Les énergies non renouvelables

## Sources d'énergie

- Comme le pétrole, **le gaz naturel** est une énergie fossile ou énergie primaire, ne résultant pas de la transformation d'une autre énergie.
- Il se forme, lui aussi, à partir de la décomposition d'organismes au fond des océans. Plus léger que le pétrole, **c'est le plus léger des hydrocarbures.**
- Le constituant principal des gisements de gaz naturel est **le méthane**. **Le méthane** est un hydrocarbure composé **d'un atome de carbone et de quatre atomes d'hydrogène.**



## Les énergies non renouvelables

- Les qualités intrinsèques du gaz naturel sont principalement liées à son bon **rendement énergétique** et à ses **avantages environnementaux**.
- sa combustion n'émet pas de poussières, peu de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), peu d'oxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) et moins de dioxyde carbone ( $\text{CO}_2$ ) que d'autres énergies fossiles.
- De plus, on peut réduire le volume qu'il occupe en le liquéfiant.
- il est incolore et inodore, mais "odorisé" pour être détectable.



## Les énergies non renouvelables

- **Le charbon** apparaît souvent comme une énergie du passé. Il reste la deuxième source d'énergie primaire utilisée dans le monde et la première pour la génération d'électricité,
- Son principal atout réside dans le fait qu'il offre **des réserves abondantes** et des prix plus stables et peu chers que ceux du pétrole et du gaz.
- Aujourd'hui, son utilisation **s'est déplacée de l'Europe vers l'Asie**, qui possède d'immenses réserves.





# Les énergies non renouvelables

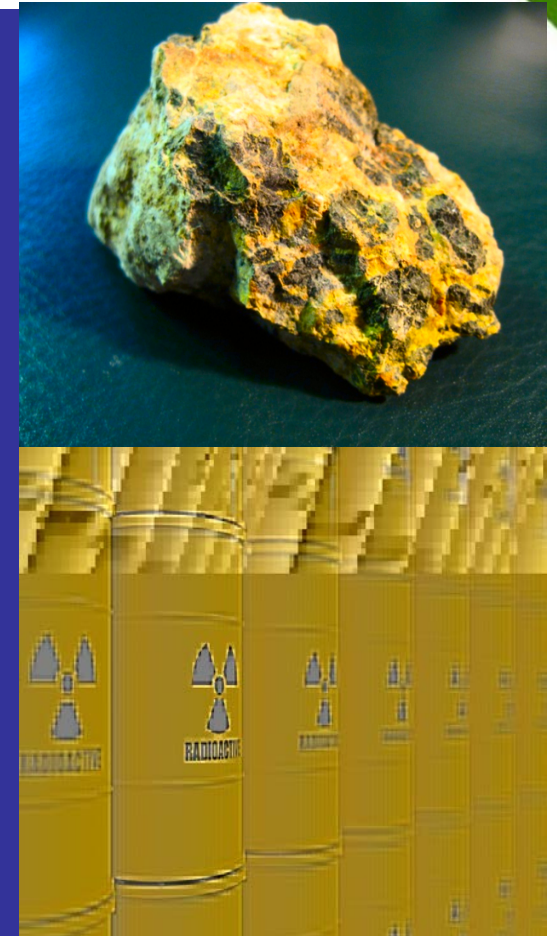
## Sources d'énergie

- **L'énergie nucléaire** est produite grâce à **la fission** des **atomes d'uranium**. L'atome est formé d'un noyau composé de deux éléments : les neutrons et les protons.
- Quand un neutron entre **en collision** avec un noyau, **le noyau se divise en 2 et libère d'autres neutrons et de la chaleur**.
- Ces neutrons vont à leur tour entrer en collision avec d'autres noyaux. C'est une énorme réaction en chaîne qui libère une grande quantité de chaleur et permet de créer de la vapeur. Cette vapeur servira **à faire tourner des turbines pour produire de l'électricité**.



## Les énergies non renouvelables

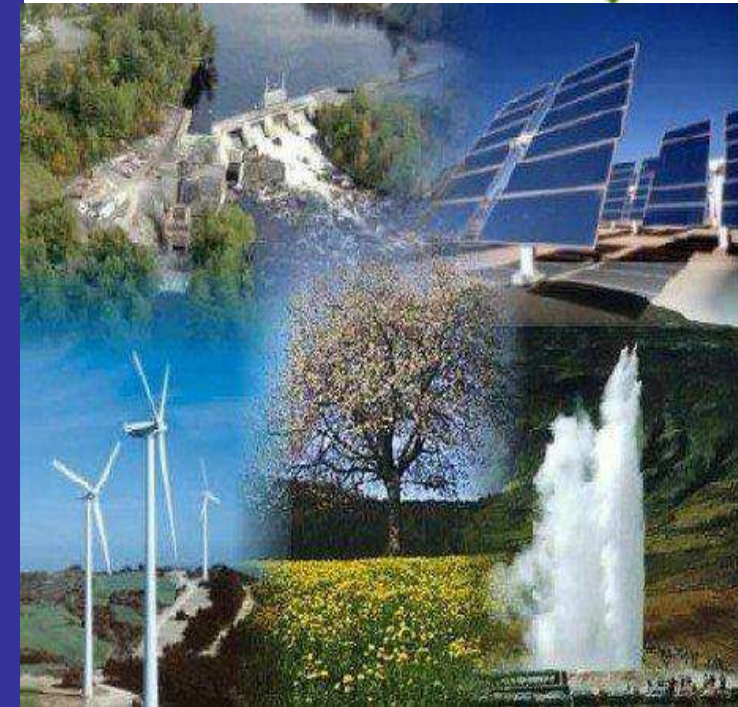
- L'énergie nucléaire présente des dangers importants, et le stockage des déchets radioactifs doit être conçu et géré avec précaution, c'est pourquoi elle ne peut être développée que dans des pays matures, non seulement au plan technique, mais aussi sociétal.





## Les énergies renouvelables

- L'augmentation continue du prix des énergies fossiles associées à la question du **réchauffement climatique et la préservations de l'environnement**. Favorisent la croissance des énergies renouvelables.
- Les énergies renouvelables sont des énergies **primaires inépuisables** à très long terme. Elles sont **principalement issues du soleil** (directement ou indirectement).
- il en existe différents types que nous traiterons par la suite : **les énergies solaires, éoliennes, hydrauliques, marines ou issus de la géothermie et de la biomasse**. Leur caractéristique commune est **de ne pas produire d'émissions polluantes (ou peu)**, et ainsi d'aider à lutter contre l'effet de serre.



# Sources d'énergie

- **Energies renouvelables**

Inépuisables. Restent après l'utilisation

- Le Soleil (photovoltaïque, thermique...)
- Le vent (éoliennes, moulins)
- Chutes d'eau (barrages, moulins) Energie hydraulique
- Chaleur de la Terre (géothermie)
- Biomasse (croissance des végétaux)
- Energie marémotrice (houle, marées)

- **Energies non renouvelables**

Disparaissent lorsqu'on les utilise

Combustibles fossiles :

pétrole, charbon, mazout, essence,  
gaz naturel, butane, propane...

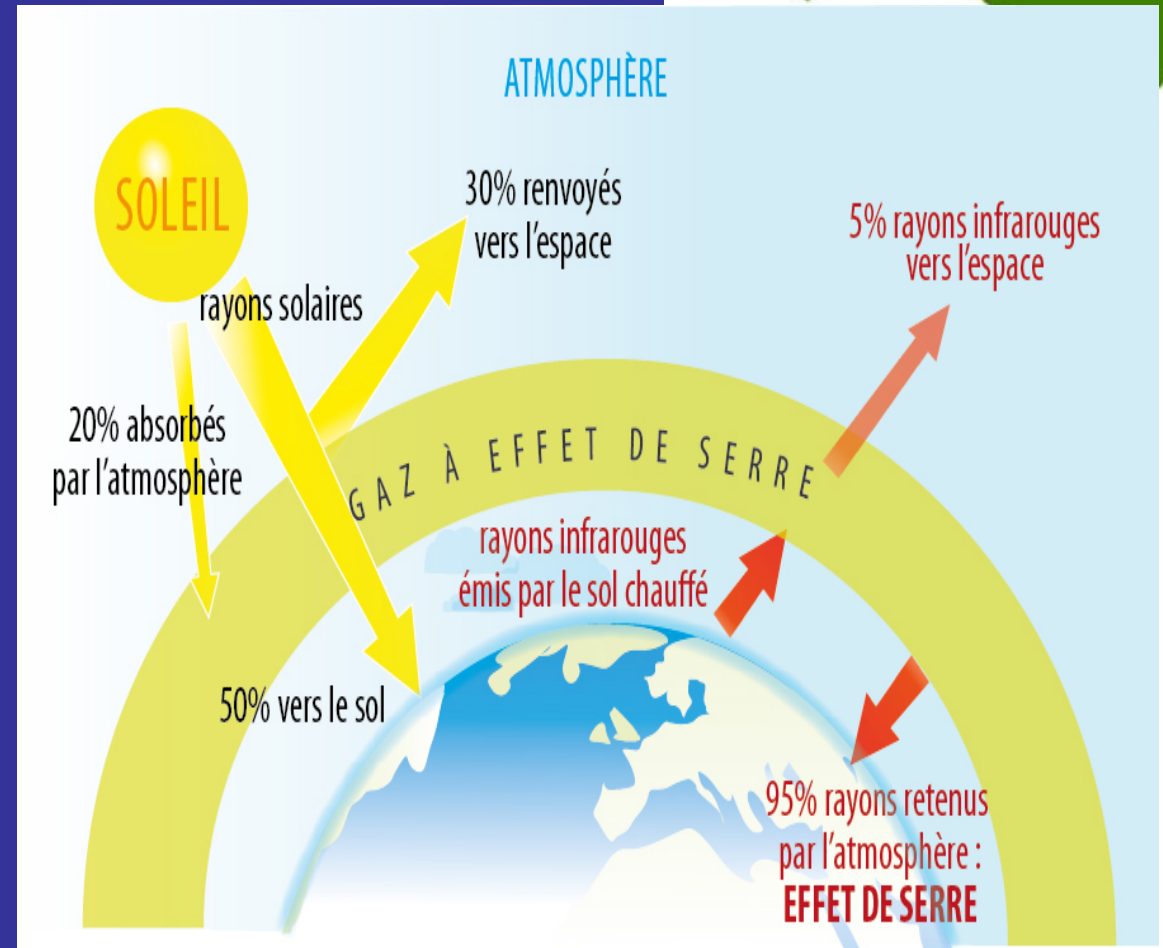
Nucléaire

# Qu'est-ce que l'effet de serre ?

- Dans toute discussion sur le **changement climatique**, **les énergies renouvelables** figurent généralement en tête de liste des changements que le monde peut mettre en œuvre **pour éviter les pires effets de la hausse des températures**. En effet, les sources d'énergie renouvelables telles que le solaire et l'éolien n'émettent pas de dioxyde de carbone ni d'autres gaz à effet de serre qui contribuent **au réchauffement planétaire**.

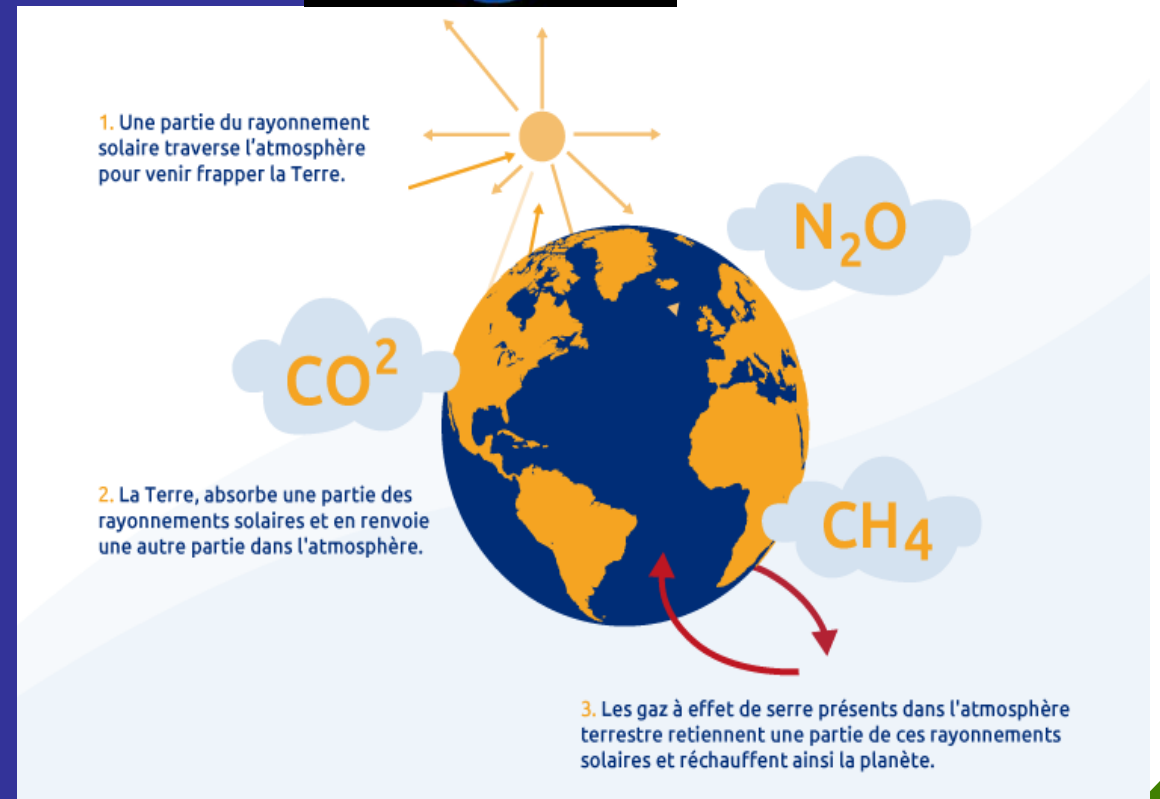
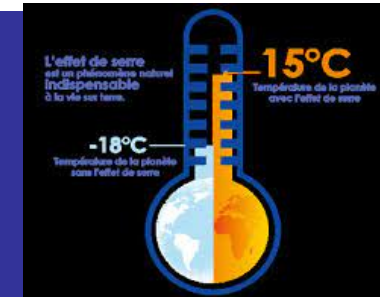
# Qu'est-ce que l'effet de serre ?

- Lorsque le rayonnement solaire arrive sur notre planète, (30%) est directement réfléchi vers l'espace, (50%) est absorbé par la surface de la Terre, les (20%) est absorbé par l'atmosphère.
- Dans l'atmosphère terrestre, plusieurs gaz dits **gaz à effet de serre (GES)** forment une « **barrière** » qui permet de retenir une partie de la chaleur reçue par le soleil : c'est l'effet de serre naturel. Pour comprendre, il suffit d'imaginer la Terre comme une serre et les **GES** comme les vitres qui retiennent la chaleur.



# Qu'est-ce que l'effet de serre ?

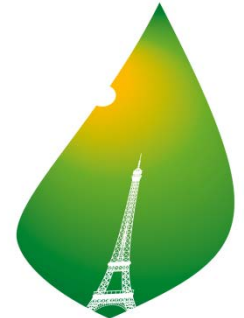
- L'effet de serre est un phénomène naturel indispensable à la vie sur terre car il permet de conserver une température moyenne de 15°C. Sans lui, la température de notre planète serait de -18°C.
- Les gaz responsables de l'effet de serre sont les suivants :
  - La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) ;
  - Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ;
  - Le méthane (CH<sub>4</sub>) ;
  - Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) ;
  - L'ozone (O<sub>3</sub>).





# Du Protocole de Kyoto au COP 21 ?

- La consommation d'énergie est considérablement amplifiée au 20ème siècle avec le pétrole et le gaz. Cette augmentation de consommation d'énergie primaire a été accompagnée par des impacts négatifs sur l'environnement. A cet effet, des réflexions et des engagements ont été pris à l'échelle internationale par la signature de certains protocoles comme celui de Kyoto.
- Le Protocole de Kyoto fut le premier traité international pour la lutte contre le réchauffement climatique de la planète. Signé en 1997 et entré en vigueur en 2005, il vise à réduire les émissions des principaux gaz à effet de serre (GES) des pays industrialisés pour lutter contre le réchauffement climatique.
- Le Protocole de Kyoto était un traité contraignant mais limité aux pays développés. Il a été remplacé par l'Accord de Paris (2015) l'ors de la COP21, universel, plus flexible et visant à impliquer tous les pays dans la lutte contre le changement climatique, avec l'ambition de contenir le réchauffement à 1,5-2 °C.



COP21 • CMP11  
**PARIS 2015**  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

- L'énergie n'est plus uniquement une question purement économique et scientifique mais de plus en plus l'objet de la protection de l'environnement
- Nous pouvons déduire que , l'énergie est la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, un rayonnement électromagnétique ou de la chaleur.
- Il n'y a aucune énergie parfaite permettant de satisfaire tous nos besoins, à bas coûts et sans impact sur l'environnement et la santé.
- L'énergie la moins coûteuse est celle qu'on ne consomme pas.

## Les unités énergétiques

L'unité légale est le joule (J)

### Autres unités usuelles

	Joule	kWh	cal	eV	
Joule	1	$2,78 \cdot 10^{-7}$	0,239	$6,24 \cdot 10^{18}$	keV, MeV, GeV
kWh	$3,6 \cdot 10^6$	1	$8,63 \cdot 10^5$	$2,26 \cdot 10^{25}$	électricité
cal	4,18	$1,16 \cdot 10^{-6}$	1	$2,62 \cdot 10^{19}$	chaleur
eV	$1,6 \cdot 10^{-19}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$3,828 \cdot 10^{-20}$	1	physique nucléaire

MWh  
GWh  
TWh

### Autres unités :

TEP : « tonne équivalente pétrole »

TMC (gaz) :  $\text{tera-m}^3$  ( $10^{12} \text{ m}^3$ )

1 tonne de pétrole = 42 GJ  
 1 tonne de charbon = 29,3 GJ  
 1 tonne de gaz naturel = 46 GJ  
 1000 kWh = 3,6 GJ  
 1 kg d'U = 360 GJ  
 (1 g TNT = 4000 J)

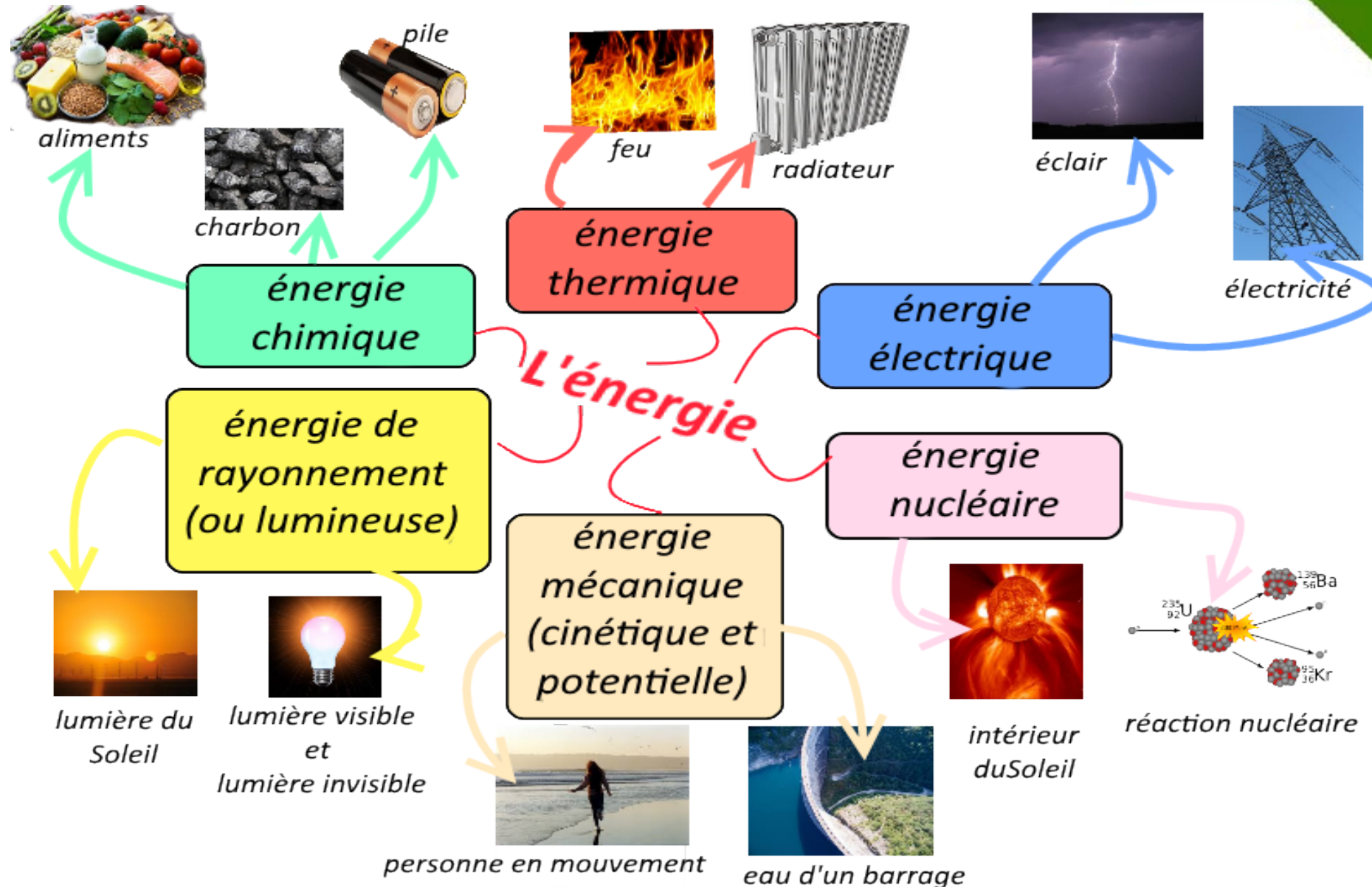
! Ne pas confondre « puissance » et « énergie »

W, kW, MW, GW

$$E = P \cdot t \quad \begin{cases} E \text{ en J} \\ P \text{ en W} \\ t \text{ en sec} \end{cases}$$

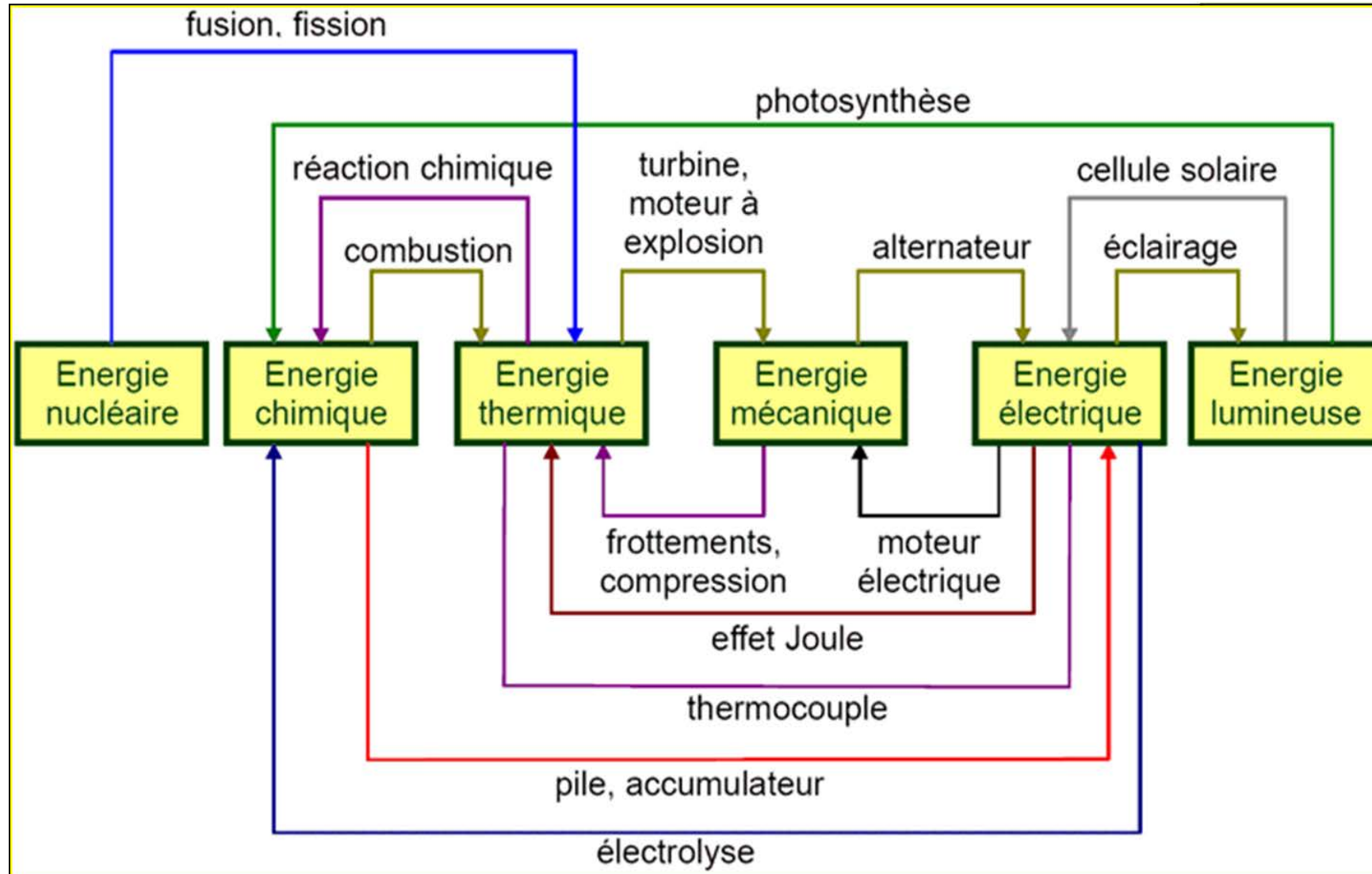
kWh : énergie produite par 1kW pendant 1 heure

# A retenir !

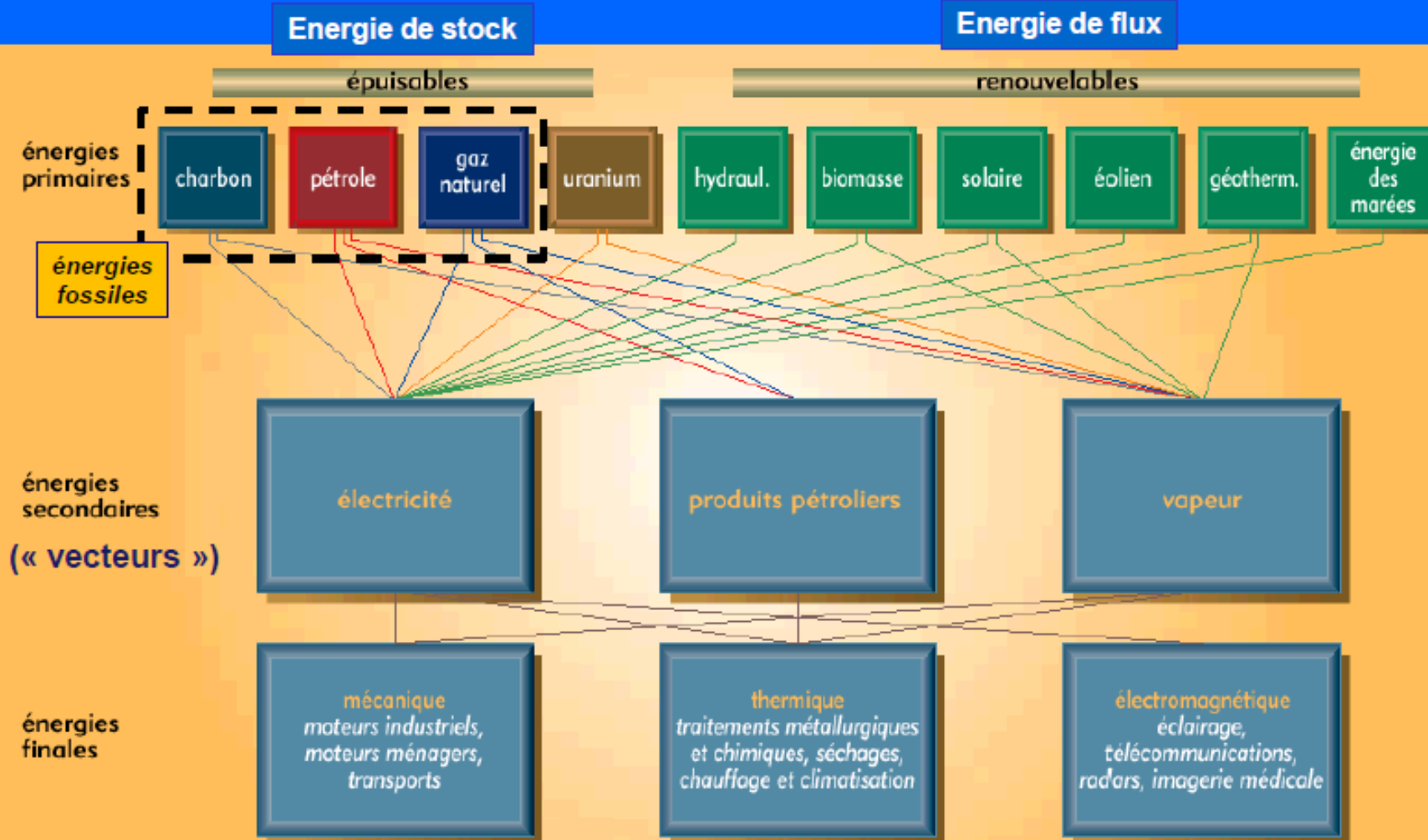




**A retenir !**



## Classification des sources d'énergie



## Nos sources d'énergie

Énergies 'fossiles'	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pétrole</li><li>• Gaz naturel</li><li>• Charbon</li></ul>
Énergies renouvelables : inépuisables, sans émissions de CO2.	
Solaire directe	<ul style="list-style-type: none"><li>• Thermique basse température (&lt; 150°C)</li><li>• Thermodynamique (→ 500 - 1000°C)</li><li>• Photovoltaïque</li></ul>
Solaire indirecte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biomasse (bois, biocarburants)</li><li>• En. Hydraulique</li><li>• En. Éolienne</li></ul>
Énergie non solaire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Géothermie</li><li>• En. Marémotrice (vagues et marées)</li></ul>
Nucléaire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fission</li><li>• Fission IVème génération</li><li>• Fusion</li></ul>

# Quiz ?

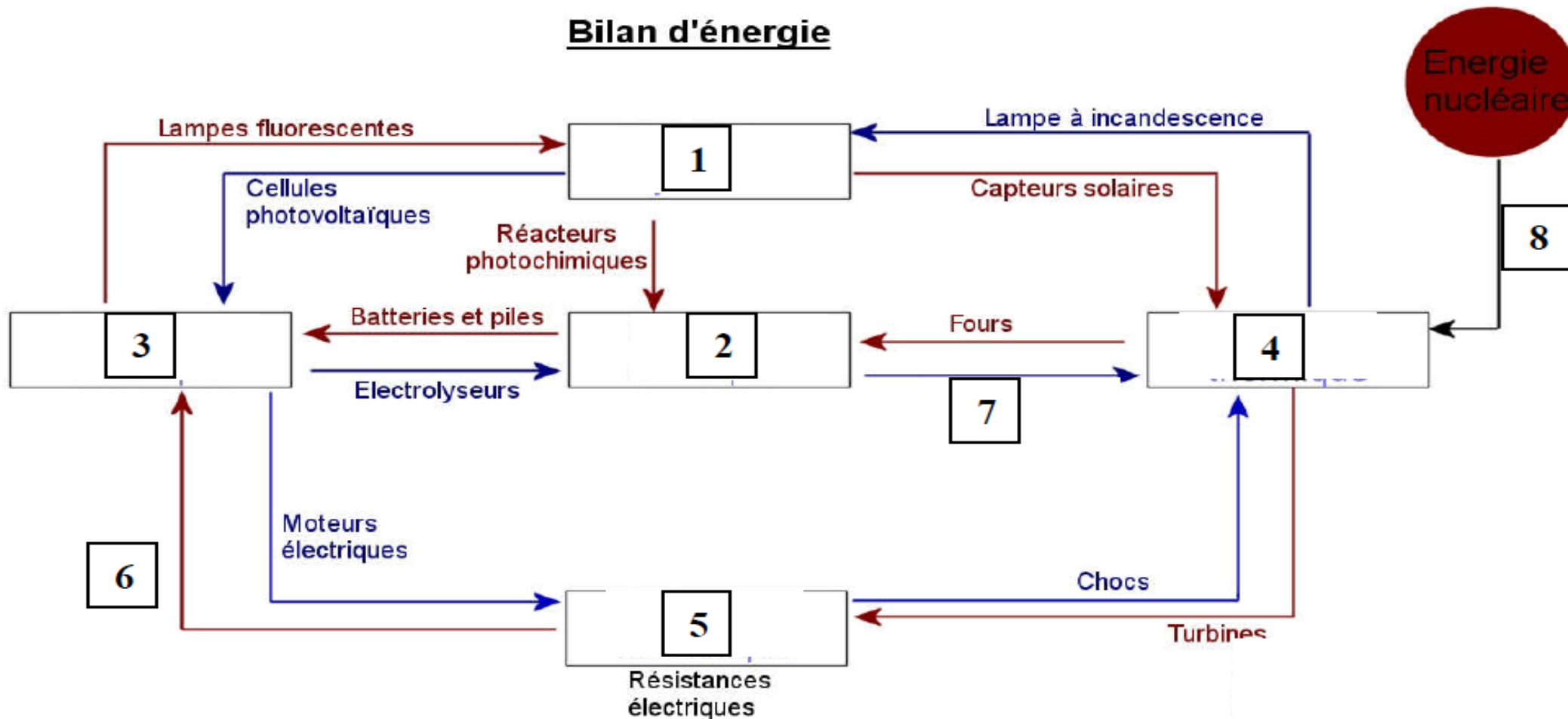
- 1- Donner la définition de l'énergie fossile ? Citer les différents types des énergies fossiles
- 2- Qu'est-ce qu'on entend par énergies renouvelables? Citer 5 exemples d'énergie renouvelables avec ces sources.
- 3-Quelle est la plus ancienne source d'énergie utilisée par l'homme ?
- 4- Le soleil est la source indirecte pour d'autres sources d'énergies renouvelables? Faux/ Vrai
- 5- Quels sont les énergies renouvelables issues indirectement du soleil ?
- 6-Quelle est la principale source d'énergie utilisée dans le monde aujourd'hui ?
- 7- Quels sont les principaux gaz à effet de serre ?
- 8- En quelle année le protocole de Kyoto a-t-il été adopté ; Quand est-il entré en vigueur ? Quel est son objectif principal ? Par quel accord international le Protocole de Kyoto a-t-il été remplacé en 2015 ?



# Quiz ?

Compléter le diagramme présentant les différents types d'énergie et différents moyens technologiques de les transformer

## Bilan d'énergie



Dresser un tableau présentant les avantages et inconvénients des énergies fossiles.

Energie	Avantages	Inconvénients
Pétrole		
Charbon		
Gaz naturel		