



L1 Sciences de la Matière

Énergies Renouvelables (ENR)

Unité d'Enseignement Découverte (S2)

Dr. S.E. BENTRIDI:

Email: s.bentridi@univ-dbkm.dz

2021/2022

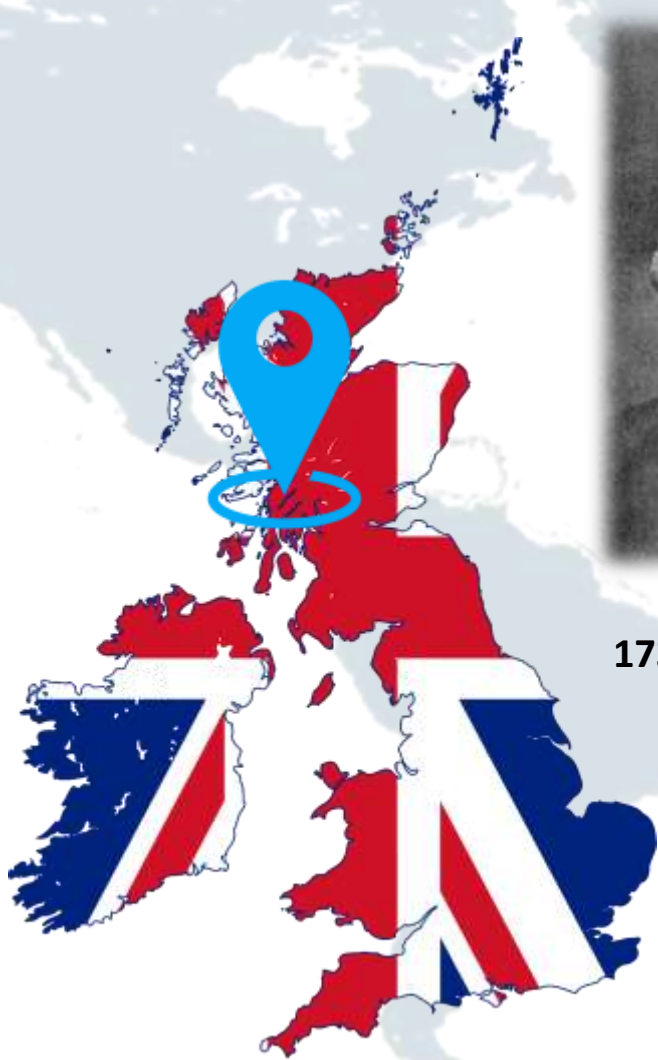
Contenu du Programme

- Aperçu sur les ENR
- L'Énergie et ses formes
- Les (sources) énergies conventionnelles
- Notions Clés actuelles sur l'énergie
- Les différents types d'énergie renouvelable
- Les énergies du futur



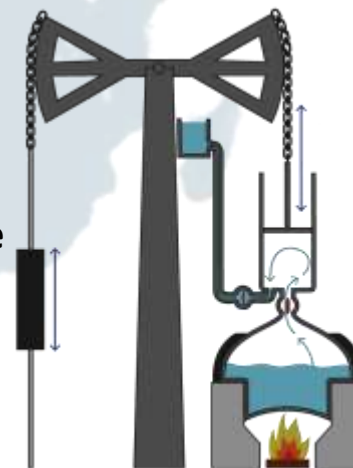
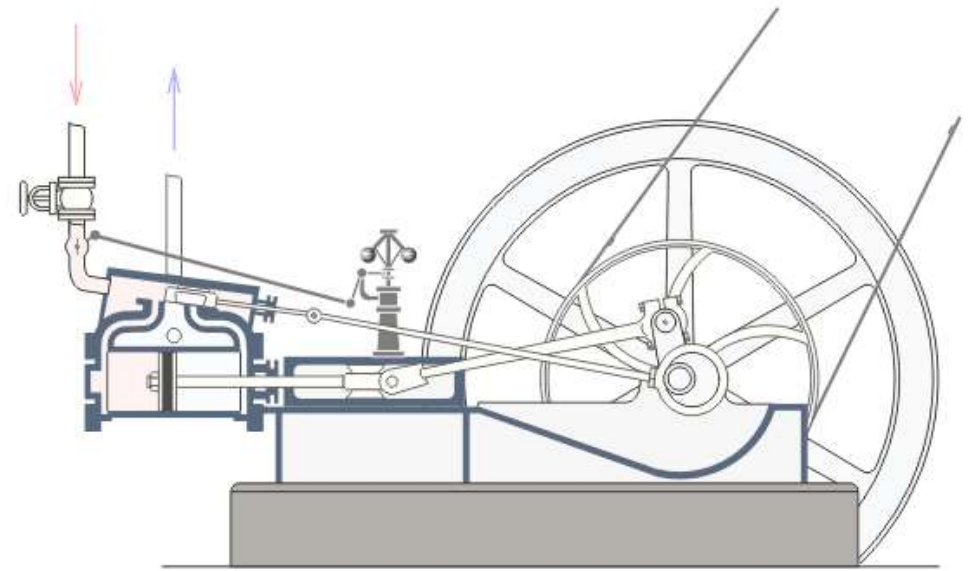
Les énergies conventionnelles

- La 1^{ère} Révolution Industrielle (1.0 IR)



James WATT
1736-1819, Scotland, UK

Version
améliorée de
la Machine de
NEWCOMEN
En 1712



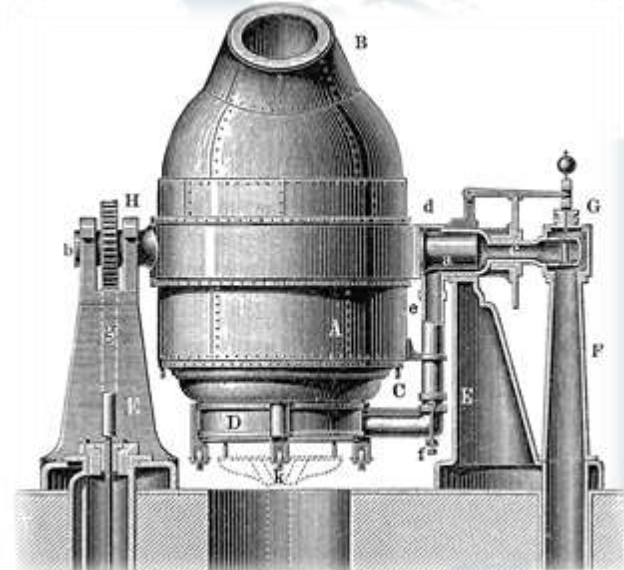
Machine à Vapeur de WATT
Imaginé en 1764
Brevetée en 1769
Industrialisation en 1775

Les énergies conventionnelles

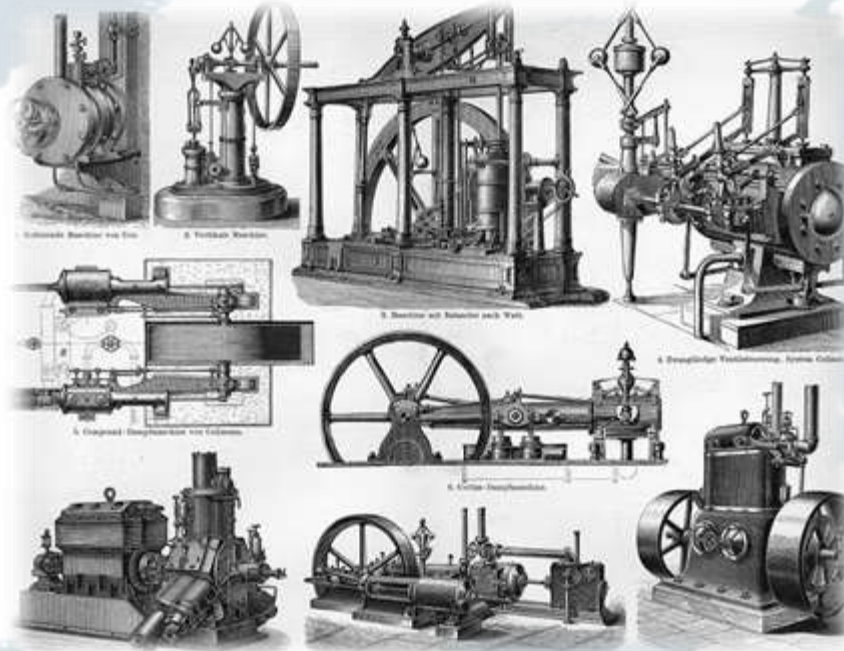
- La 1^{ère} Révolution Industrielle (IR1.0)



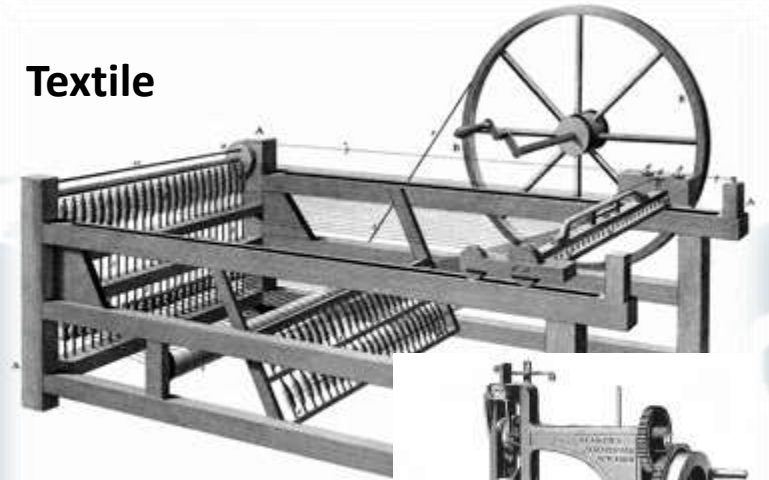
Charbon comme combustible



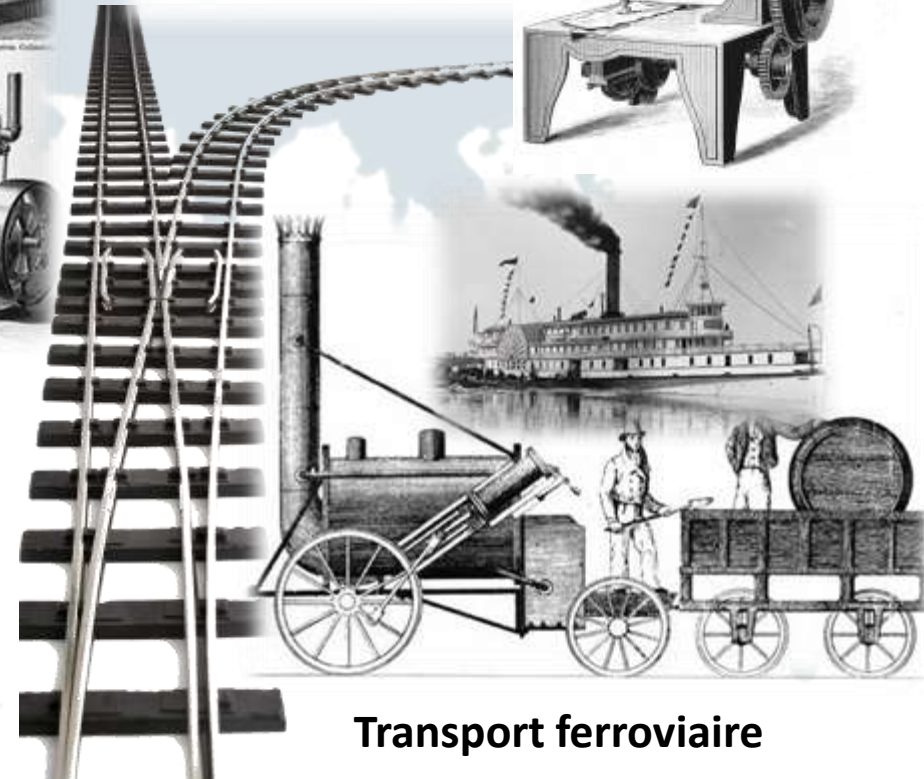
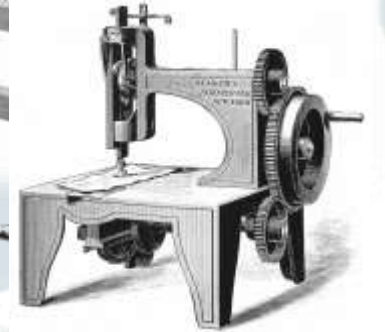
Sidérurgie (Industrie métallurgique)



Véhicule à Vapeur



Textile



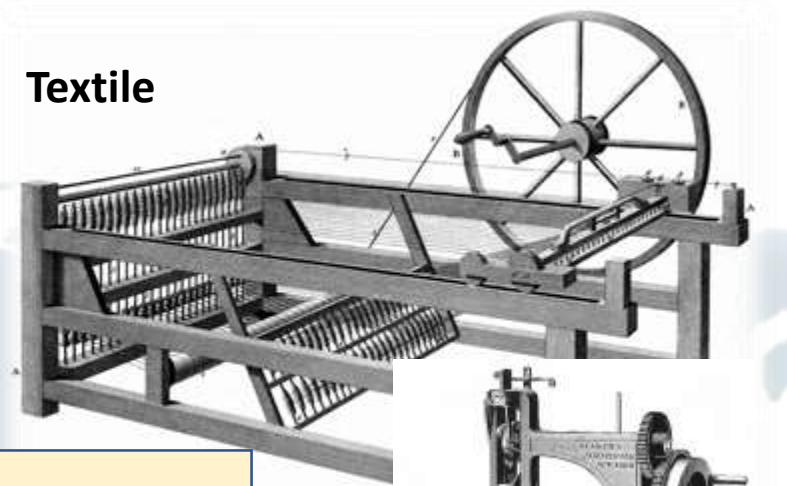
Transport ferroviaire

Les énergies conventionnelles

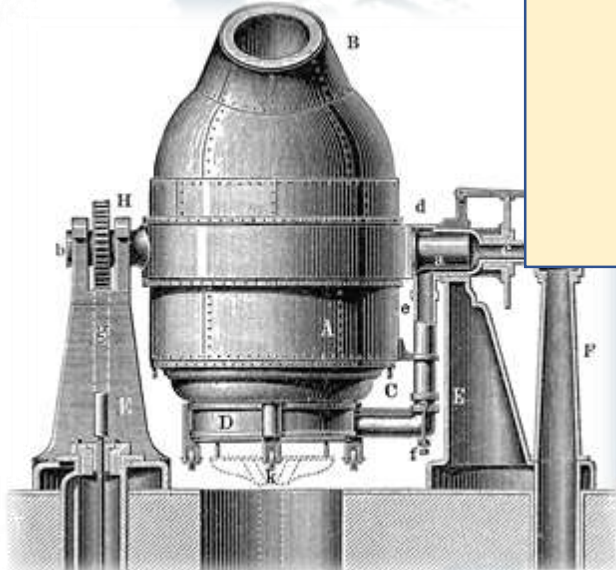
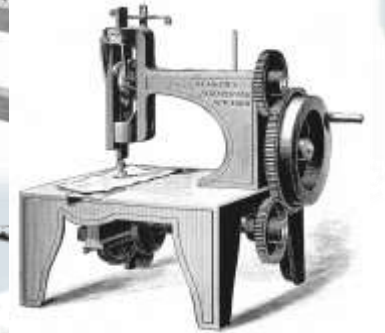
- La 1^{ère} Révolution Industrielle (IR1.0)



Charbon comme combustible



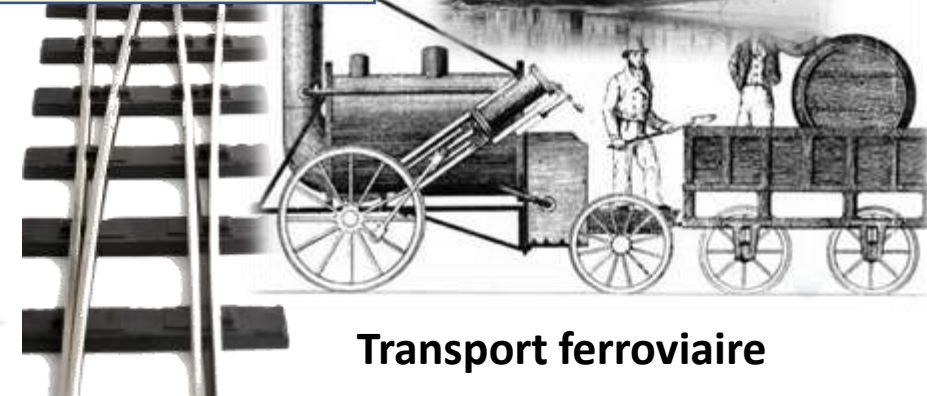
Textile



Sidérurgie (Industrie métallurgique)



Véhicule à Vapeur



Transport ferroviaire

1.0 IR (fin 18^{ème} – fin 19^{ème} Siècle)
GB → EU → USA → JP
Population mondiale ~ 1 milliard

Les énergies conventionnelles

- La 2^{ème} Révolution Industrielle (2.0 IR)



Etienne LENOIR
1822-1900, France



Nikolaus OTTO
1832-1891 Germany



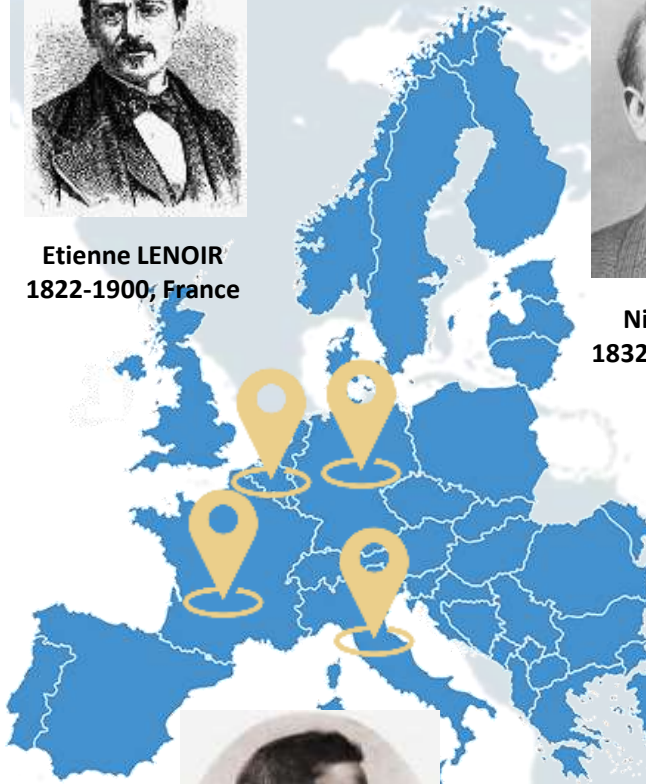
Zénobe GRAMME
1826-1901 Belgium



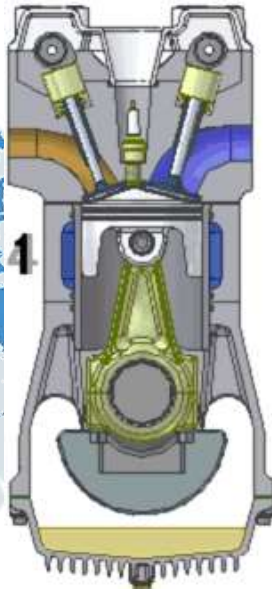
Invention du Téléphone par
A.G. BELL en 1876



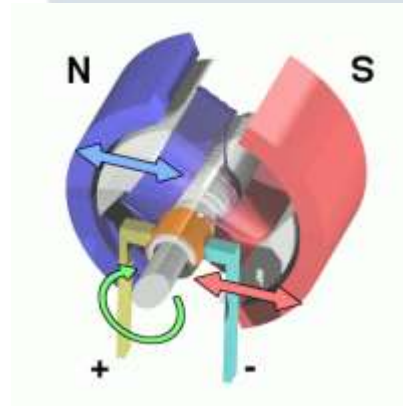
Ampoule électrique par
T. EDISON en 1882



Eugenio BARSANTI
1821-1864, Italy



Moteur à Combustion Interne
(Essence, Diesel)



Dynamo (Moteur électrique)



Ondes Hertziennes par
H. HERTZ en 1886



Premier vol mécanisé par
Les frères WRIGHT en 1903

Les énergies conventionnelles

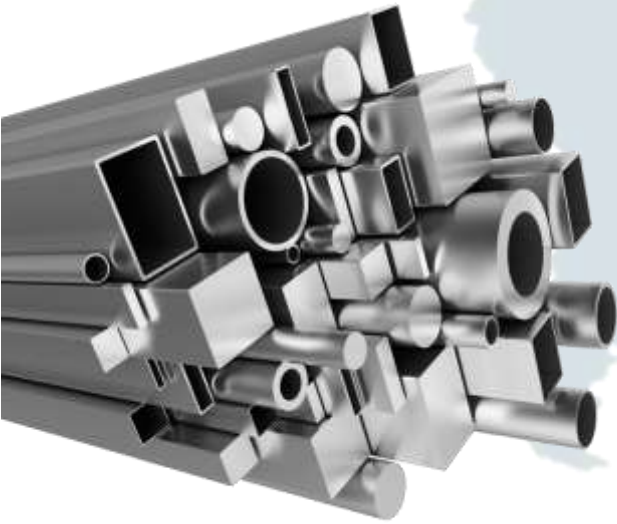
- La 2^{ème} Révolution Industrielle (2.0 IR)



Gaz & Pétrole
comme combustible



Développement de
Sidérurgie d'acier et
d'aluminium



Télécommunications



Transport à grande échelle

Les énergies conventionnelles

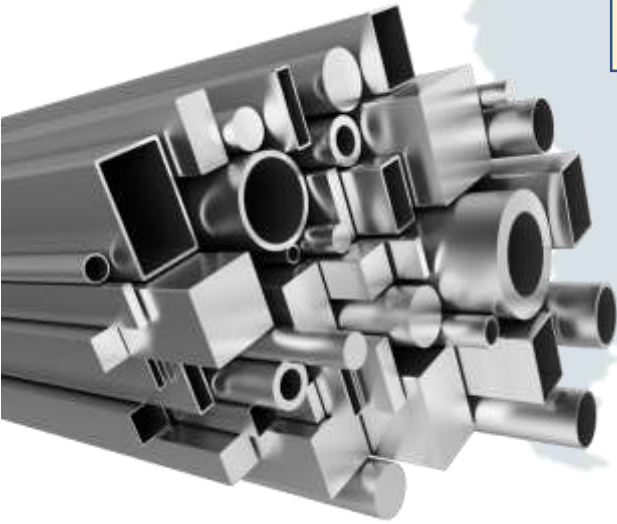
- La 2^{ème} Révolution Industrielle (2.0 IR)



Gaz & Pétrole
comme combustible



2.0 IR (fin 19^{ème} – mi 20^{ème} Siècle)
Population mondiale ~ 2,5 milliard



Développement de
Sidérurgie d'acier et
d'aluminium



Télécommunications



Transport à grande échelle

Les énergies conventionnelles

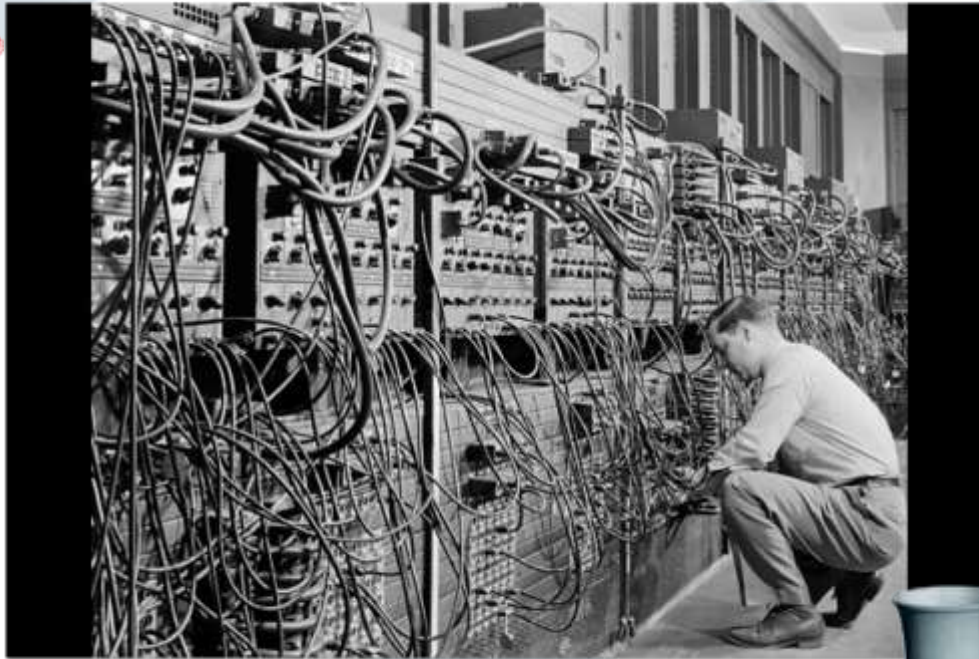
- La 3^{ème} Révolution Industrielle (3.0 IR)



Marcian HOFF
1937, USA



Frederico FAGGIN
1941, Italy-USA



ENIAC, calculateur programmable (USA) vers 1947



Premier Micro-Processeur Intel 4004, en 1971



Centrale Nucléaire fonctionnant
avec de l'Uranium

Les énergies conventionnelles

- La 3^{ème} Révolution Industrielle (3.0 IR)



Uranium comme combustible



Développement de l'Informatique



Industrie automatisée



Industrie d'aviation et aérospatiale



Les énergies conventionnelles

- La 3^{ème} Révolution Industrielle (3.0 IR)



Uranium comme combustible



Industrie d'aviation et aérospatiale



Industrie de l'Informatique



Industrie automatisée

3.0 IR (fin 20^{ème} – début 21^{ème} Siècle)
Population mondiale ~ 6 milliard



Les énergies conventionnelles

- La 4^{ème} Révolution Industrielle (4.0 IR)

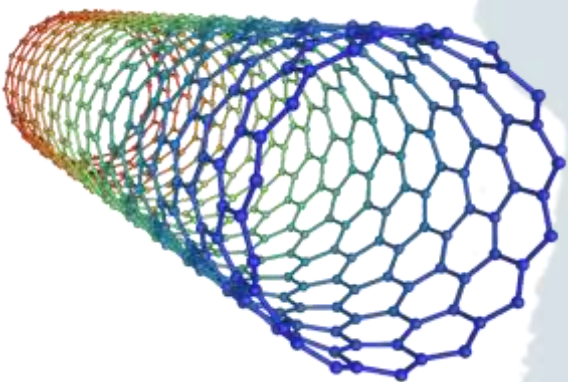


Les énergies conventionnelles

- La 4^{ème} Révolution Industrielle (4.0 IR)



Cryptocurrency



Nanotechnology



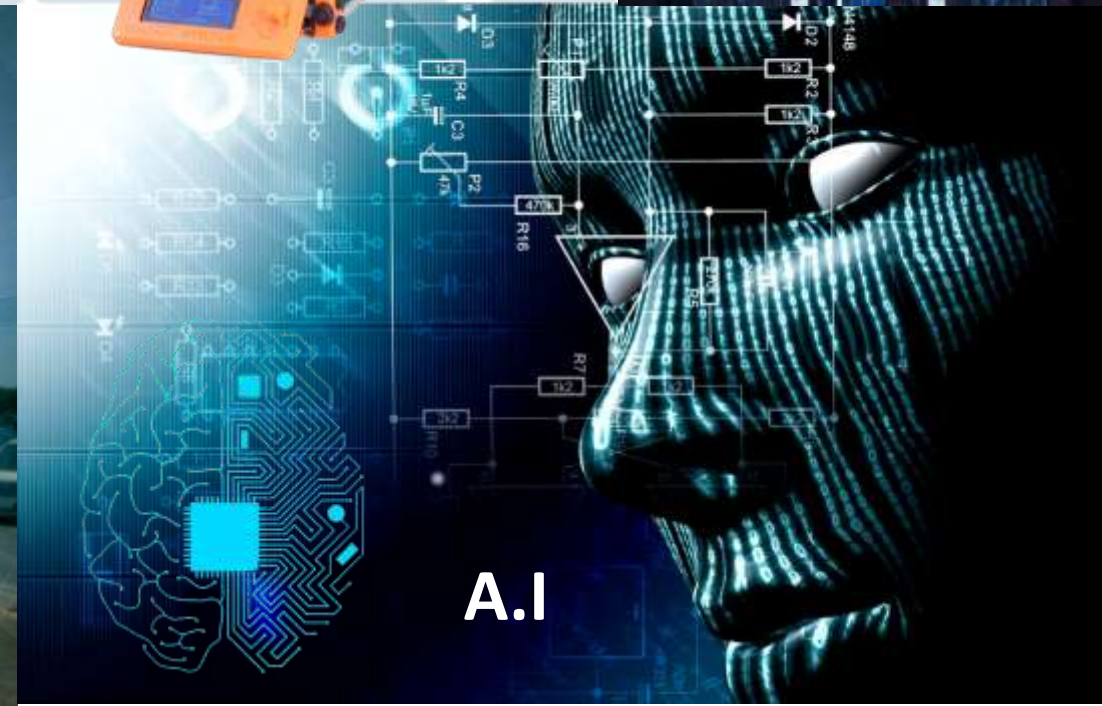
Virtual Reality



3D Printing



Quantum Computer



A.I

Les énergies conventionnelles

- La 4^{ème} Révolution Industrielle (4.0 IR)



Cryptocurrency



Virtual Reality

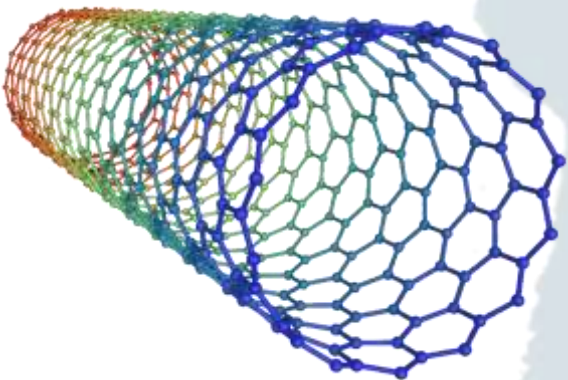


3D Printing

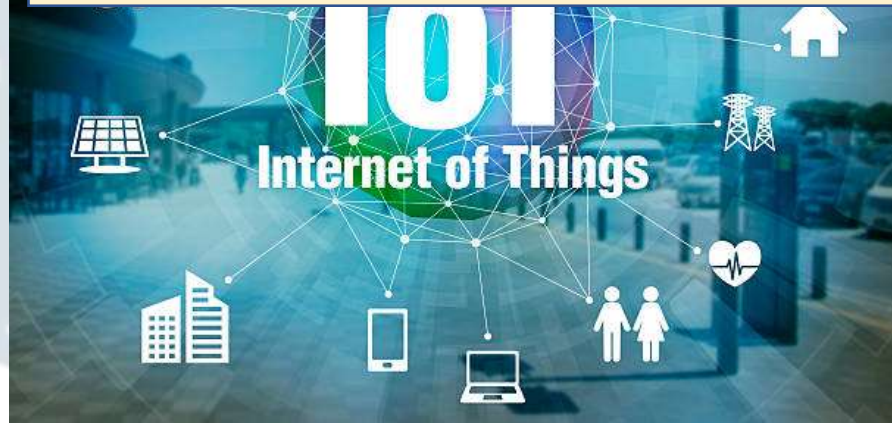


Quantum Computer

4.0 IR (début 21^{ème} – ...)
Population mondiale ~ 8 milliard



Nanotechnology



Internet of Things



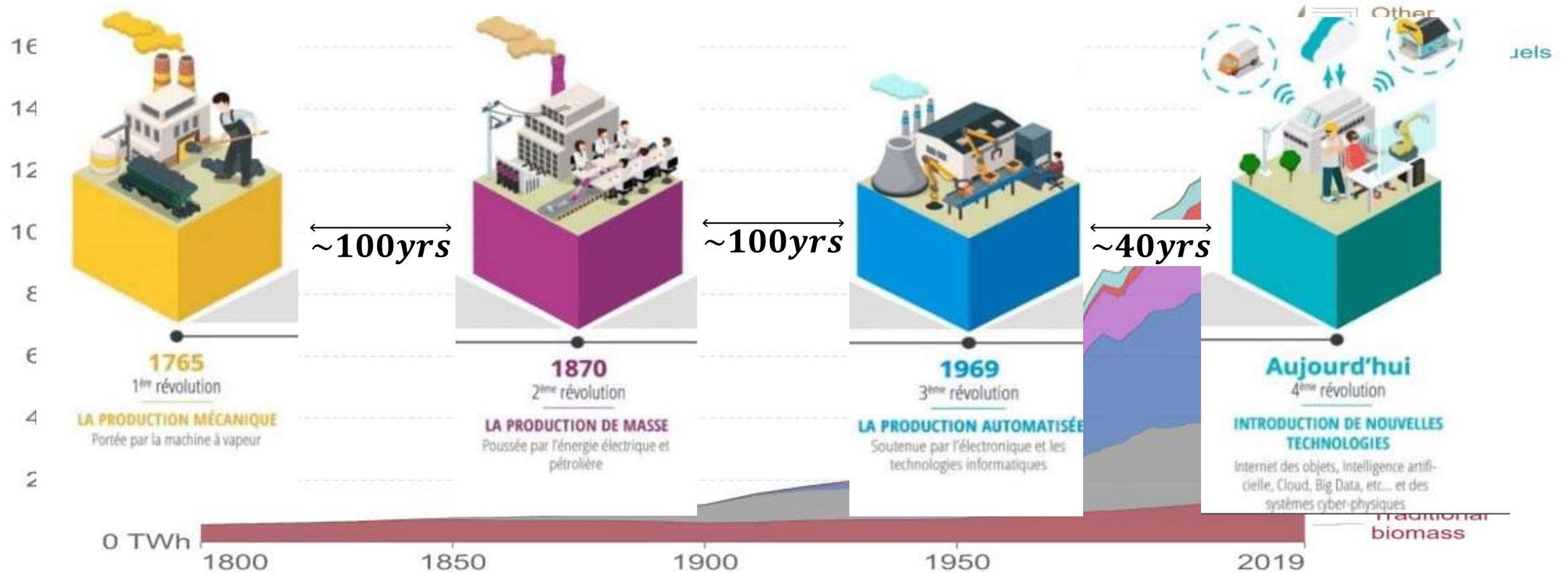
A.I



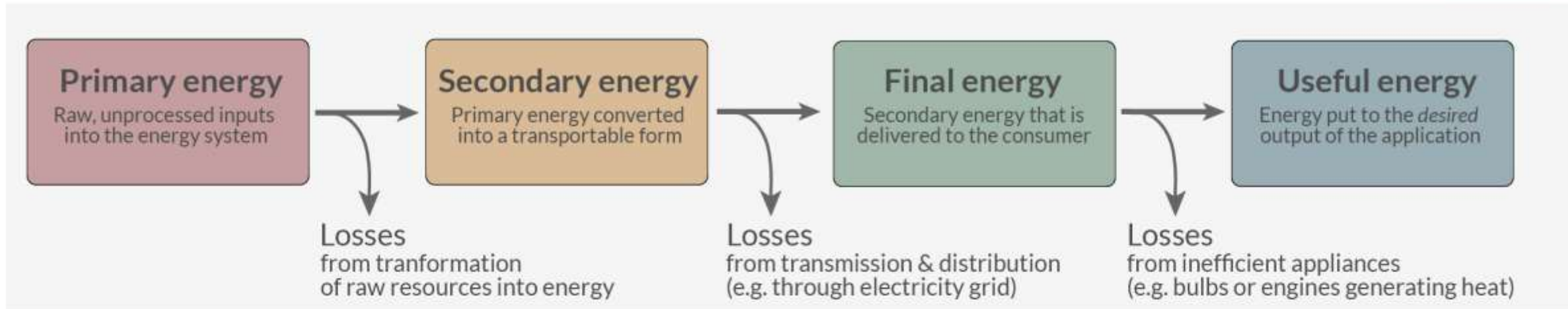
Les énergies conventionnelles

Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.



The four ways of measuring energy



Example: Coal to power a lightbulb



Example: Wood to provide heat



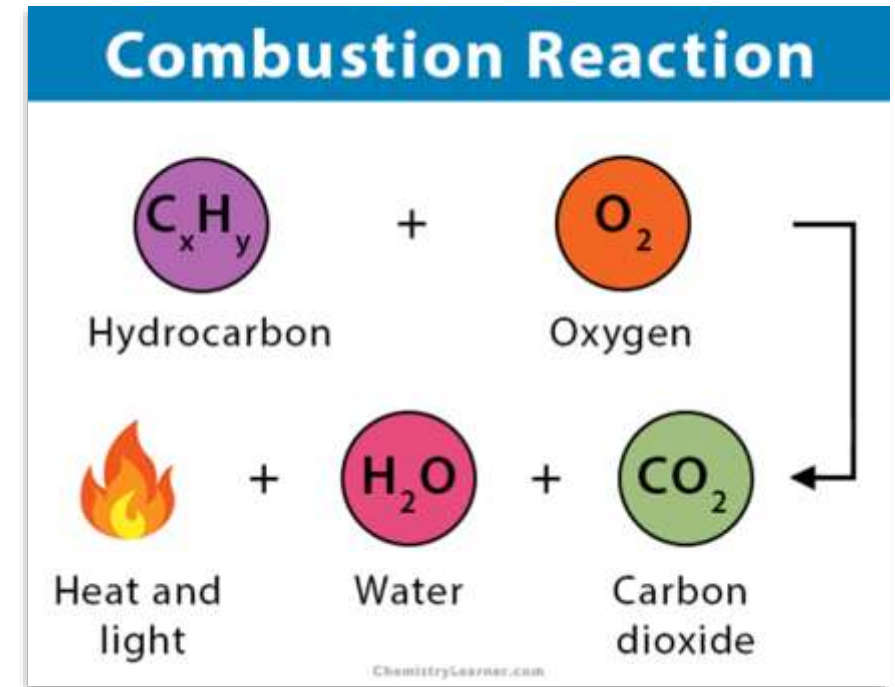
Example: Oil to drive a car



Les énergies conventionnelles

- L'énergie chimique

- C'est l'énergie obtenue suite à la combustion (réactions chimiques) de substances chimiques/organiques (Carburant)
- Conventionnellement, on utilise les carburants fossiles (charbon, Pétrole et Gaz) ou organiques (bois ou dérivé)
- Lorsque l'énergie chimique est transformée en énergie thermique, elle implique des augmentations de température impulsionnelles (explosions) ou continues (combustion) dans des systèmes appelées: **Machines Thermiques**



Charbon	33 MJ/kg
Gaz naturel	38-50 MJ/kg
Esence	42 MJ/kg
Fioul	42 MJ/kg
Méthane	55 MJ/kg
Bois	20 MJ/kg
Éthanol	25 MJ/kg
Huile de tournesol	40 MJ/kg

Les énergies conventionnelles

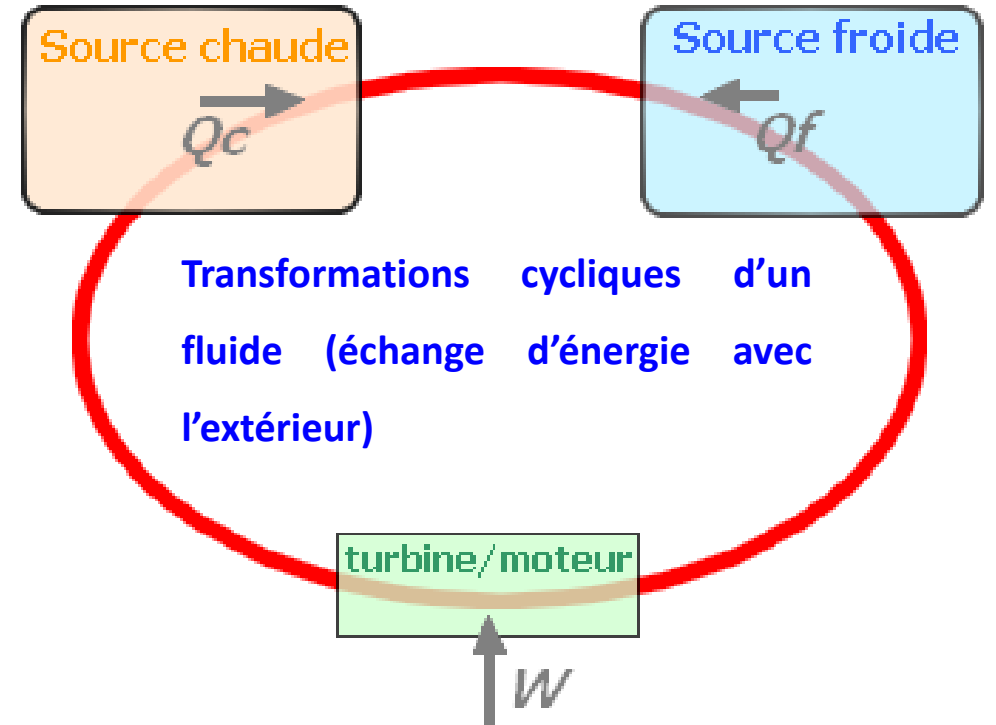
• Machine thermique

Les pertes dans les machines thermiques :

- Pertes irréductibles liées au cycle thermodynamique
- Pertes liées au refroidissement du système de transformation lui même
- Pertes par frottement: Cylindres, Pistons, Système de distribution, Gaz d'admission et d'échappement
- Énergie nécessaire pour fonctionnement des accessoires

La machine thermique présente un rendement énergétique :

$$\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie consommée}} = \frac{-W}{Q} = 1 - \frac{T_f}{T_c} < 1$$



Cycle de Carnot (cas parfait)

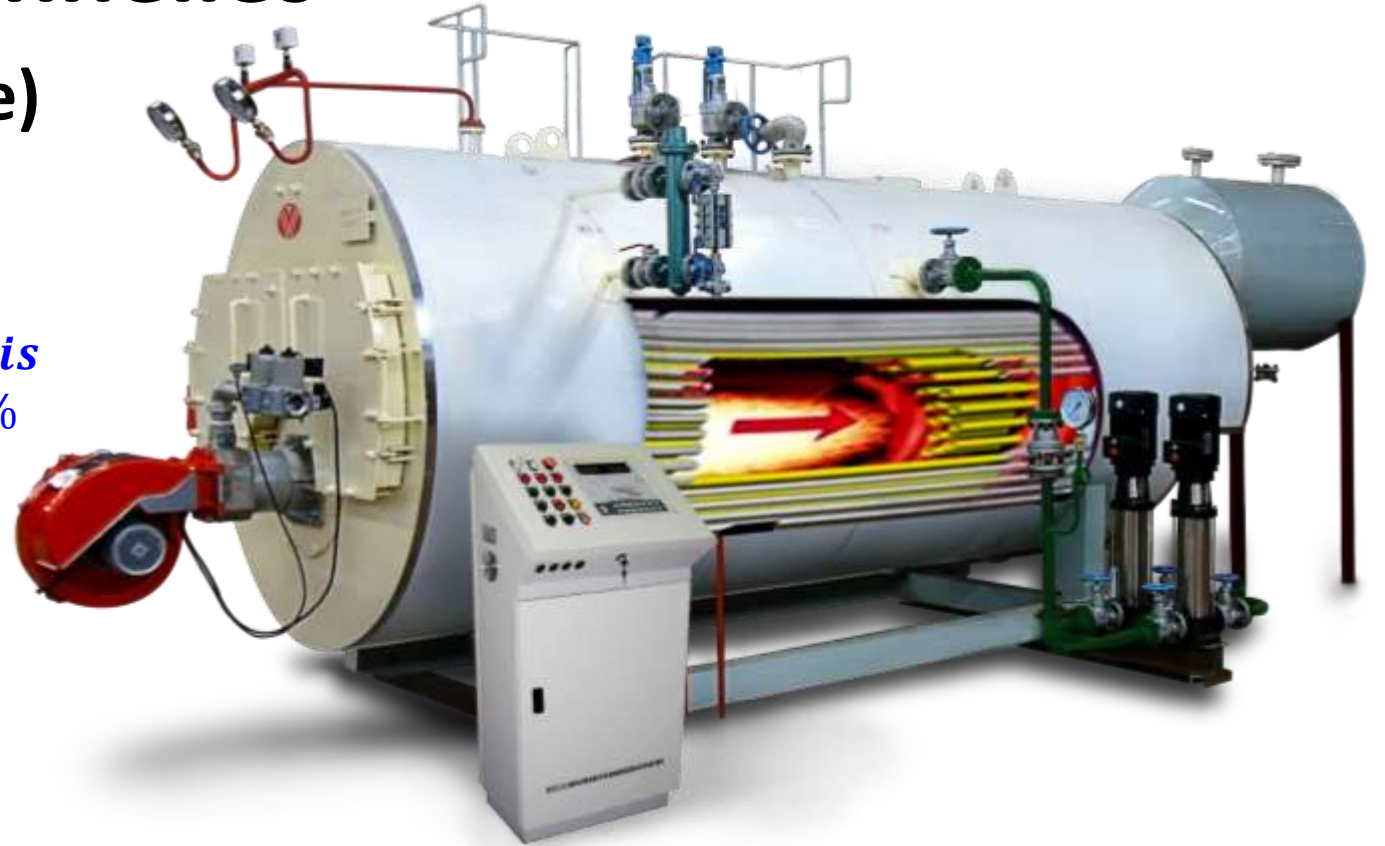
- **AB: détente isotherme ($T_1 = Cte$)**
- BC: détente adiabatique
- **CD: compression isotherme ($T_2 = Cte$)**
- DA: compression adiabatique

Les énergies conventionnelles

- Machine thermique (Chaudière)



Gaz, Fioul, Bois
 $70 \leq \eta \leq 95\%$



Les chaudières, comme leur noms l'indique sont utilisées pour la production de la chaleur et son utilisation dans :

- Le chauffage
- L'incinération des déchets ou substances organiques

Les énergies conventionnelles

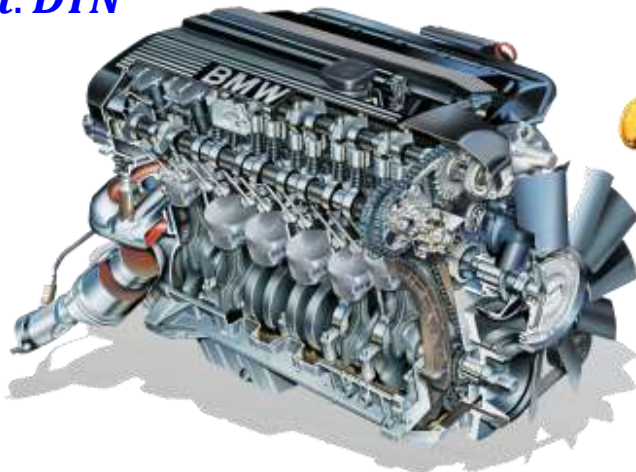
- Machine thermique (moteur à combustion)



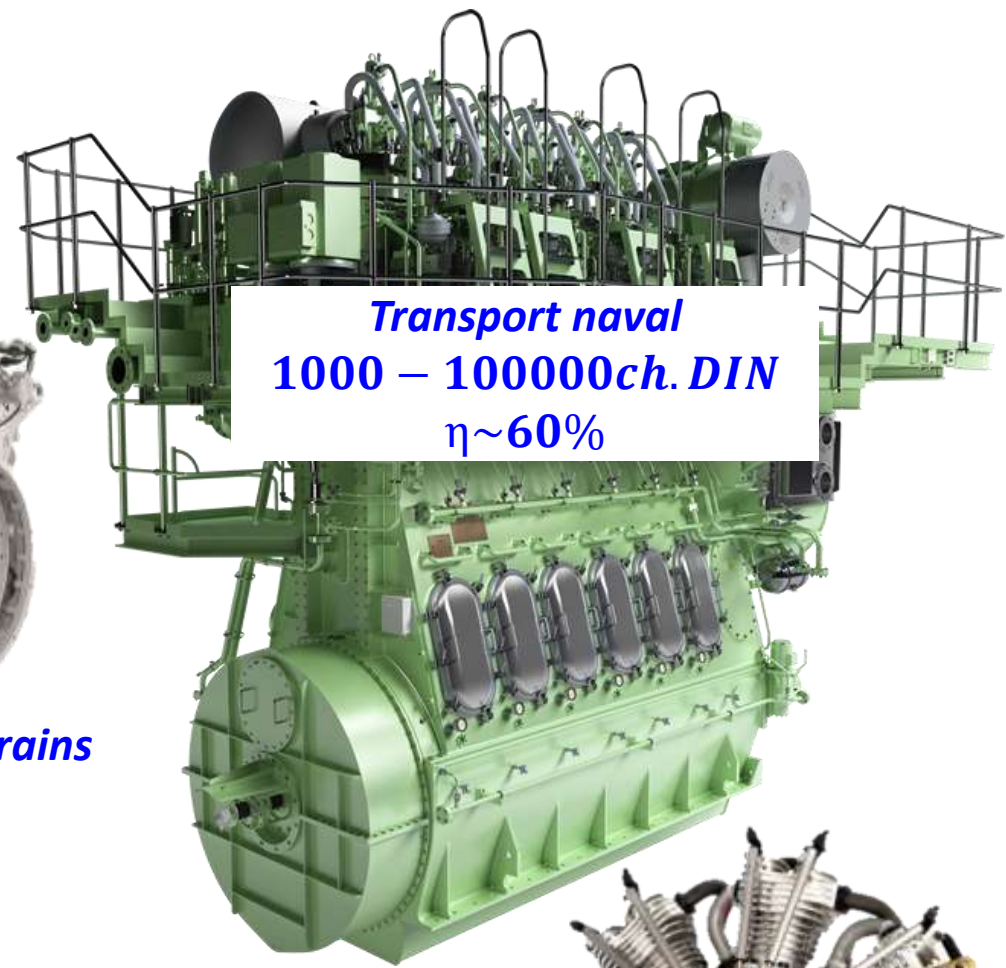
2-roues
4 – 100 ch. DIN



Véhicules 4 roues
 $12 \leq \eta \leq 35\%$
65 – 200 ch. DIN
 $15 \leq \eta \leq 45\%$



Camions, Engins de chantier et trains
500 – 4000 ch. DIN
 $\eta \sim 50\%$



Transport naval
1000 – 100000 ch. DIN
 $\eta \sim 60\%$



Transport aérien
100 – 4000 ch. DIN
 $\eta \sim 60\%$

Les énergies conventionnelles

- Machine thermique (moteur à combustion)



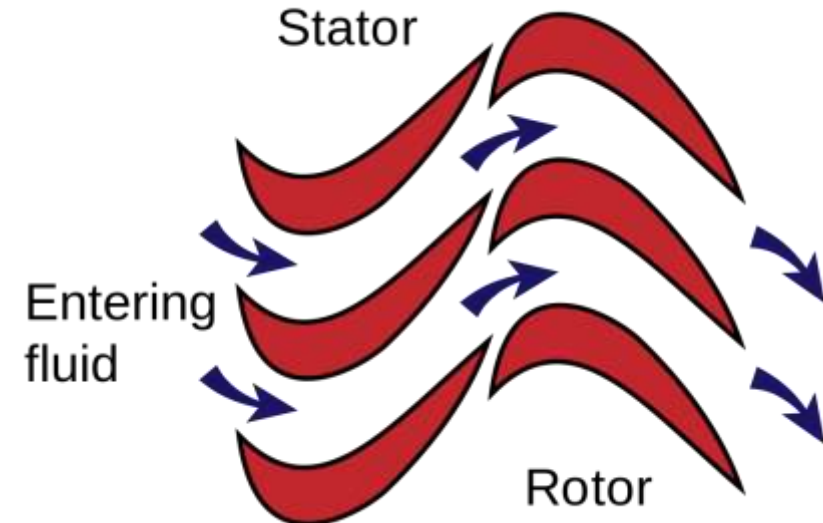
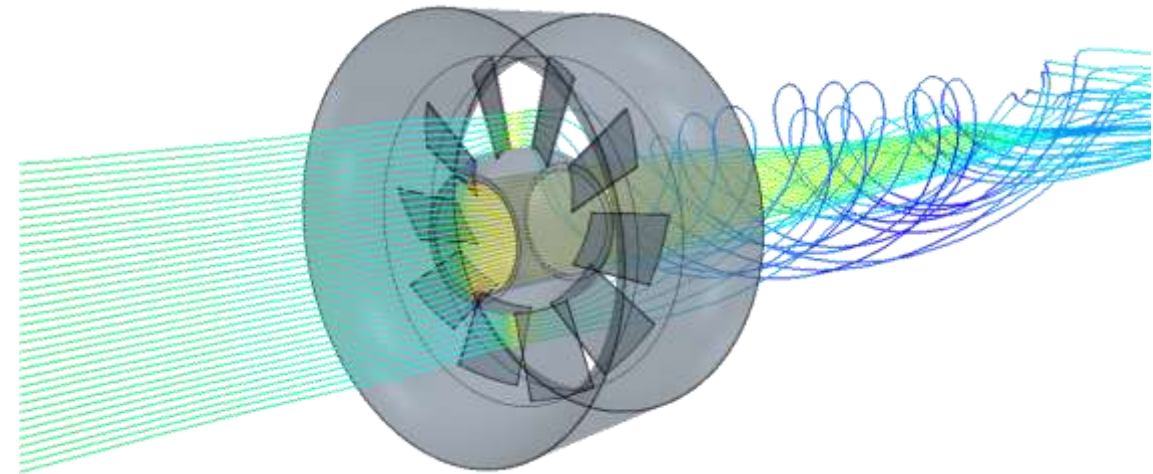
Générateur électrique
1 – 2000 kW
 $\eta \sim 50\%$

Les énergies conventionnelles

- Machine thermique (Turbomachine)

Une turbomachine est un système énergétique dans lequel se produit un transfert d'énergie entre une partie tournante (un rotor) et un fluide :

- Machines réceptrices: Turbine (gaz, vapeur, hydraulique)
- Machines génératrices: Pompe (centrifugeuse, compresseur, ventilateur)



Les énergies conventionnelles

- Machine thermique (Turbomachine)

Avion a réaction (Aviation Civile et Militaire)

100 – 2000 kW

$\eta \sim 20 - 25\%$



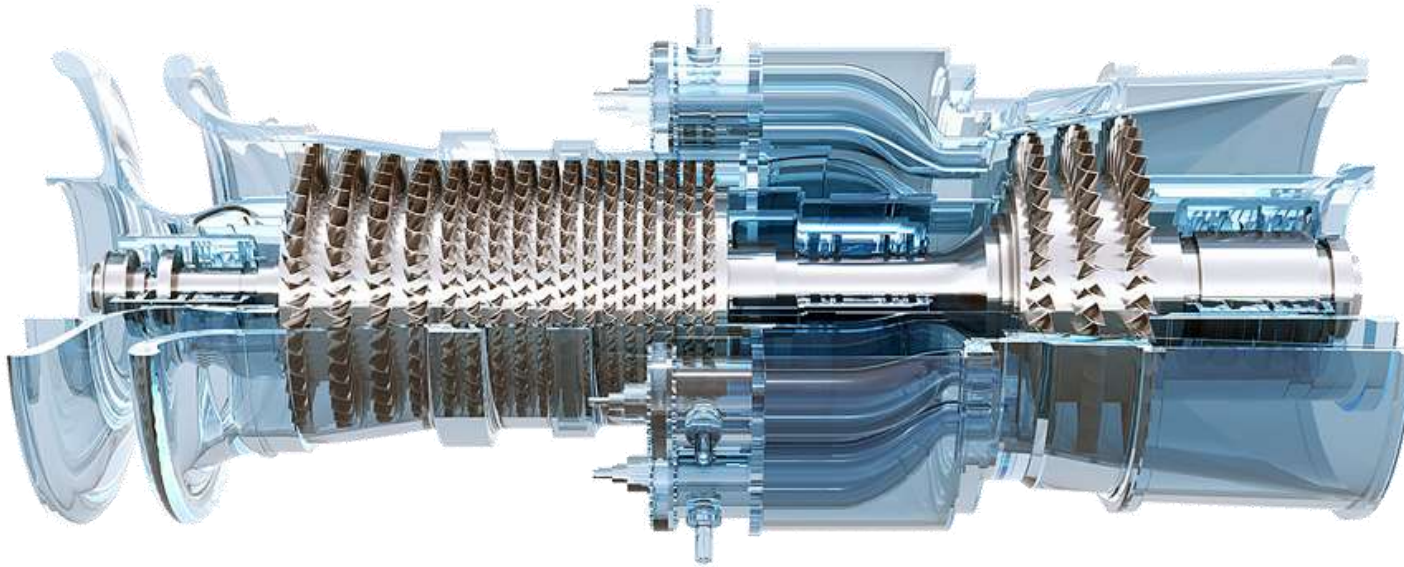
Les énergies conventionnelles

- Machine thermique (Turbomachine)

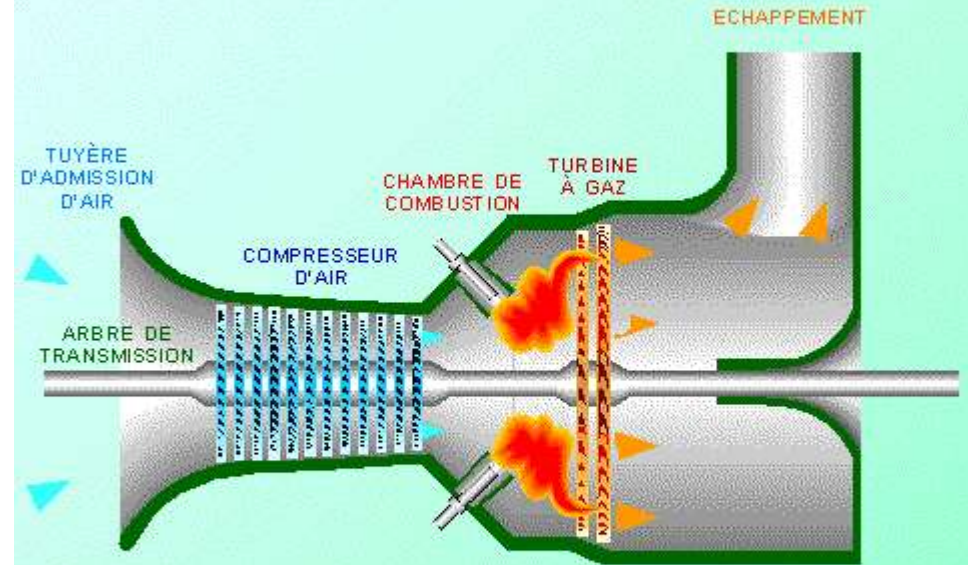
Turbine à Gaz (Génération d'électricité)

0,1 – 350 MW

$\eta \sim 25 - 35\%$



PRINCIPE D'UNE TURBINE À GAZ



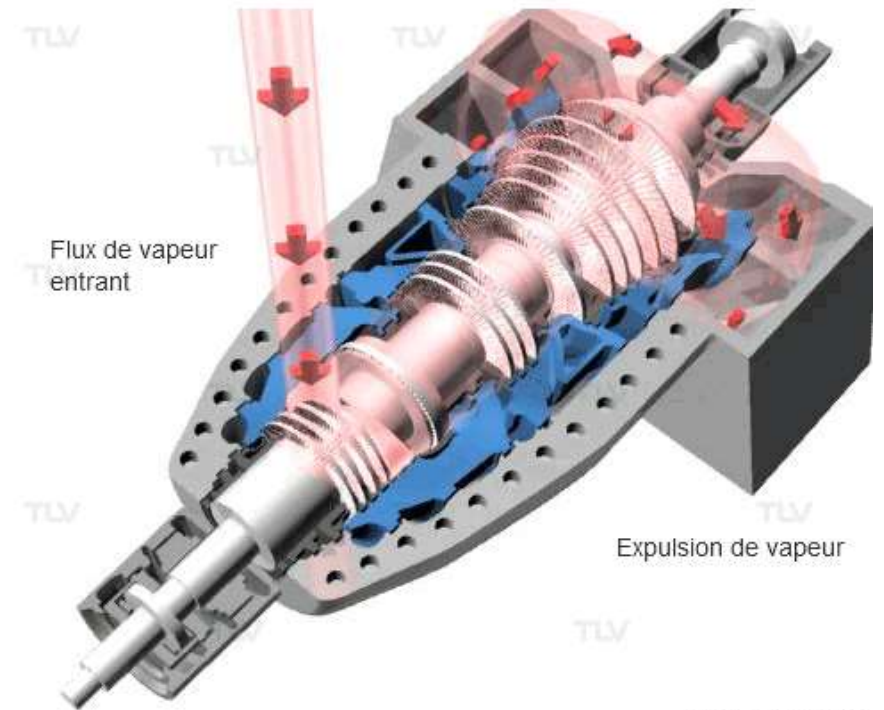
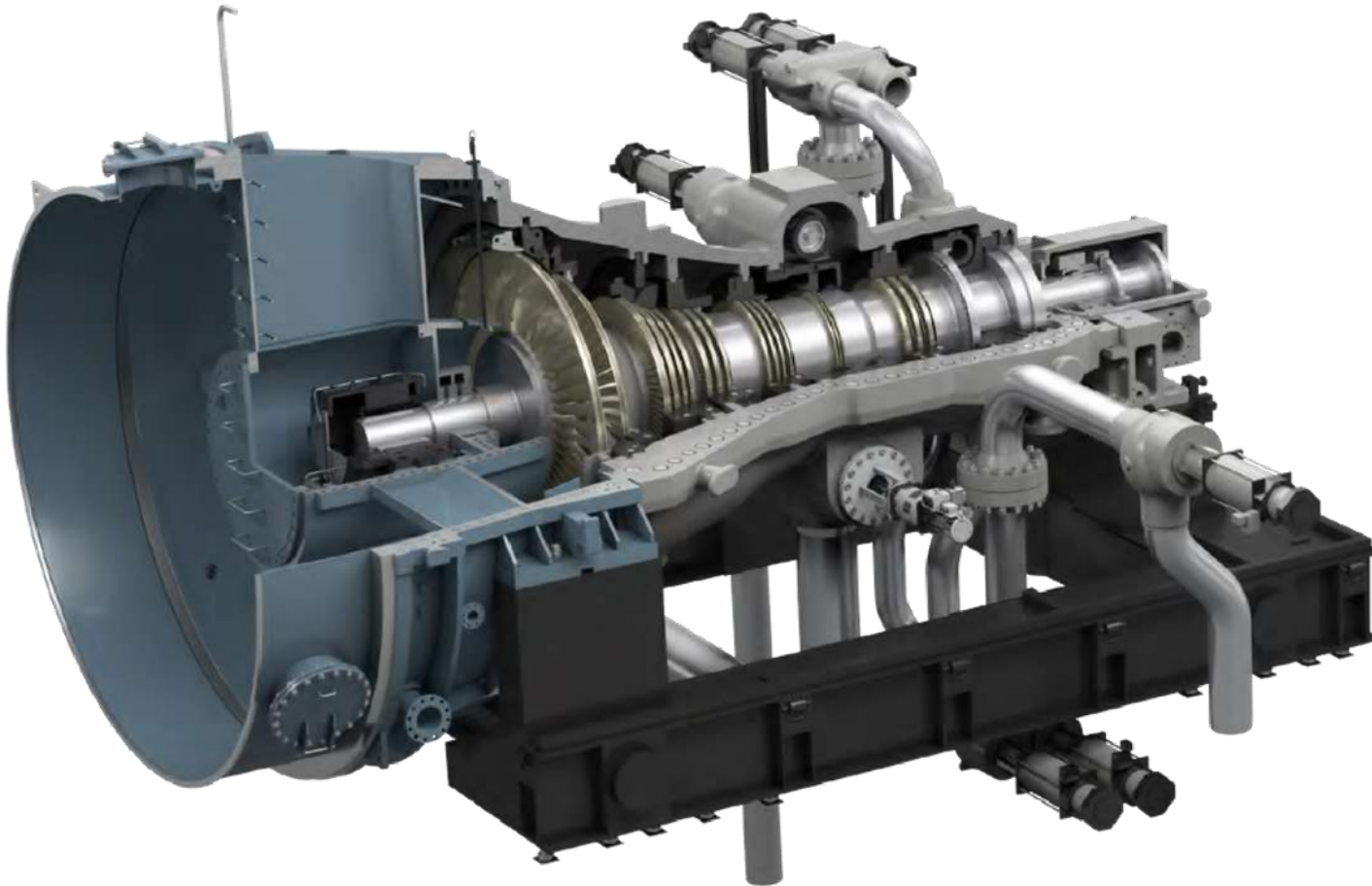
Les énergies conventionnelles

- Machine thermique (Turbomachine)

Turbine à vapeur (Génération d'électricité)

1kW – 1500 MW

$\eta \sim 50\%$



Copyright TLV CO.,LTD.

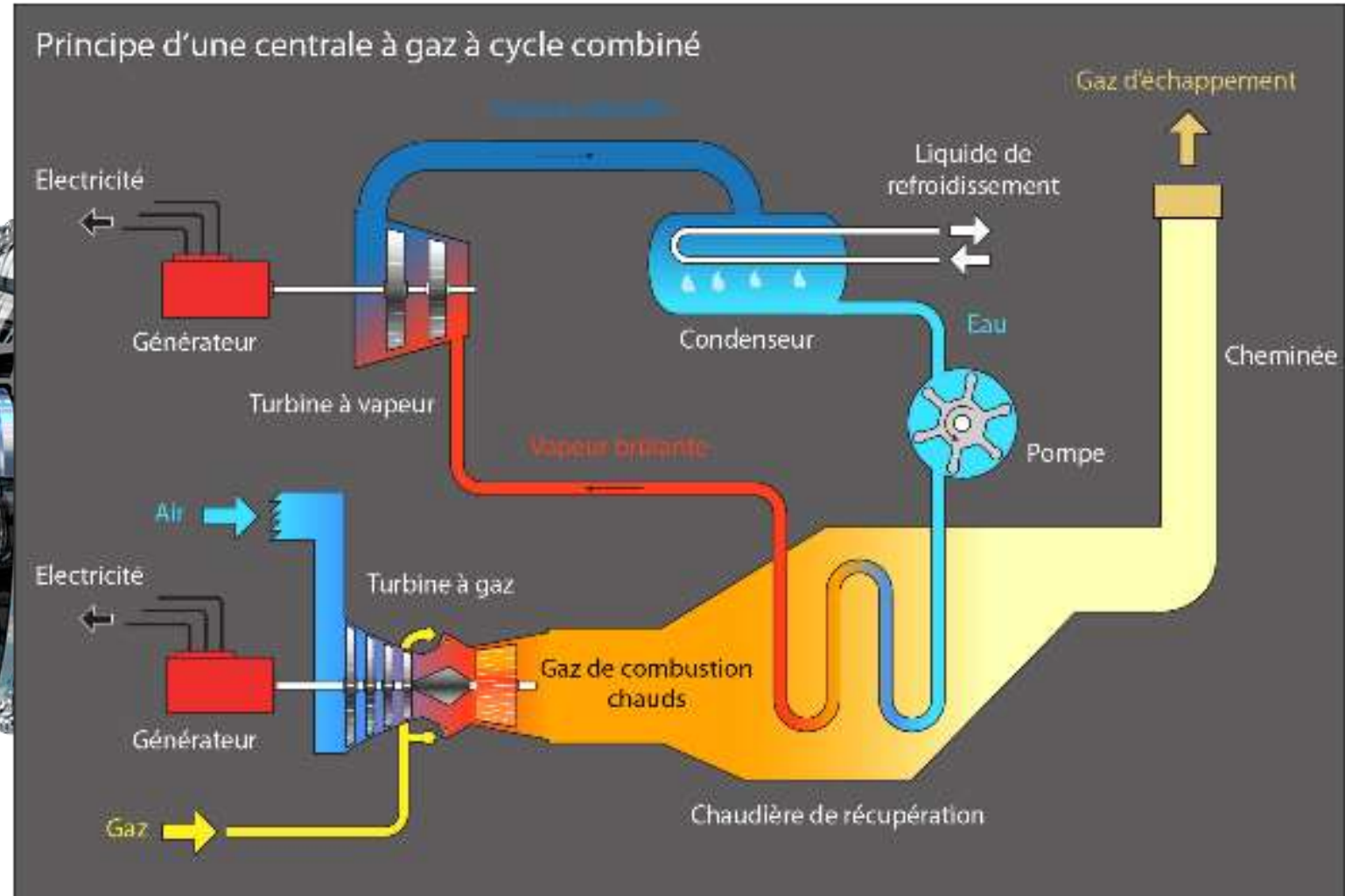
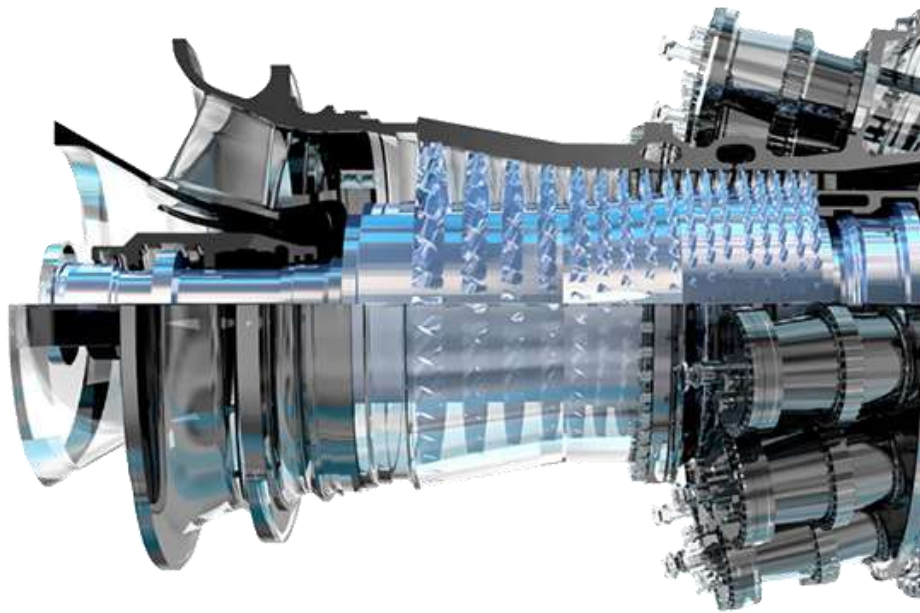
Les énergies conventionnelles

- Machine thermique (Turbomachine)

*Turbine à Gaz à cycle combiné / cogénération
(Génération d'électricité)*

1 – 350 MW

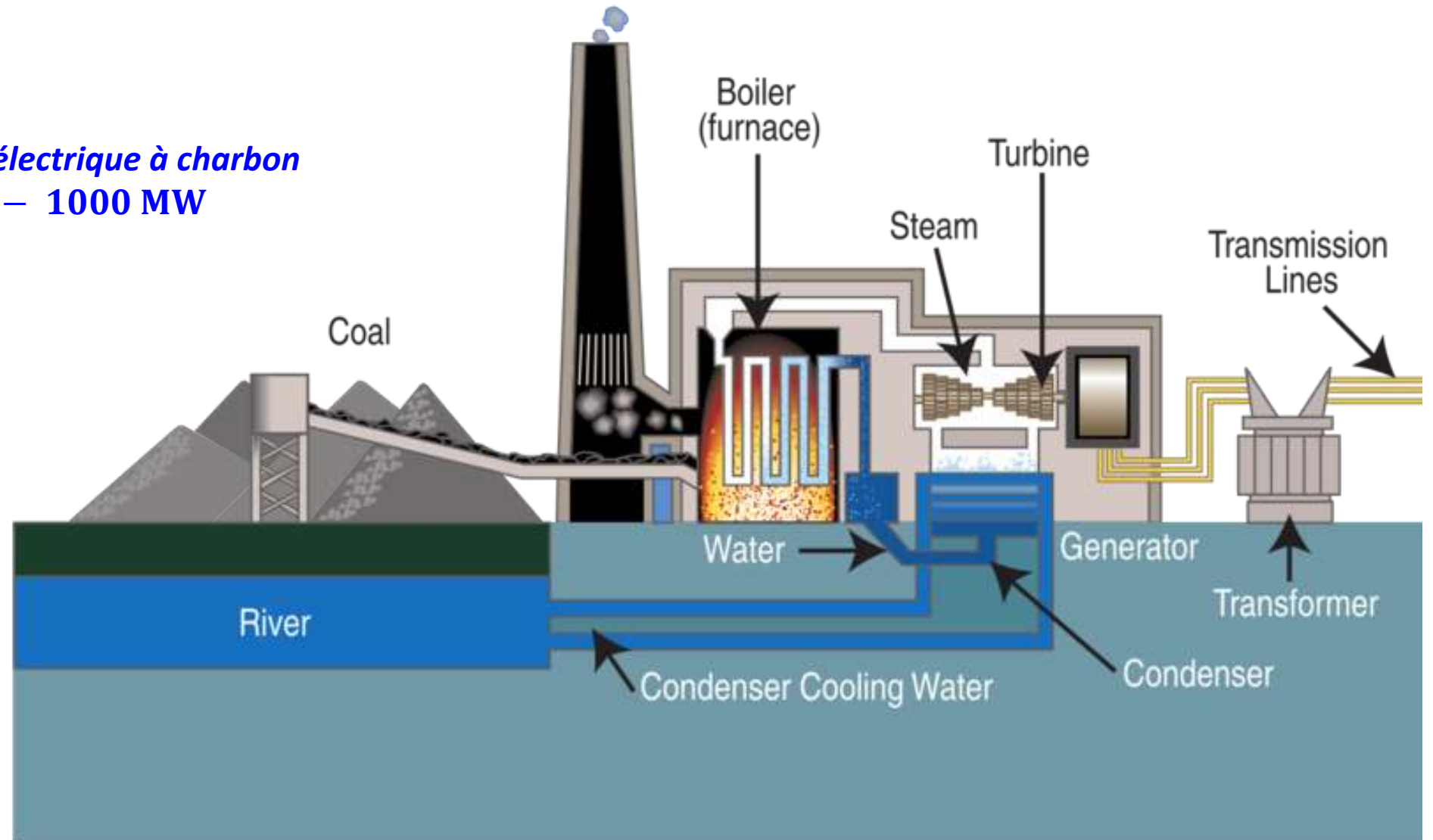
$\eta \sim 50 - 62\%$



Les énergies conventionnelles

- Énergie électrique

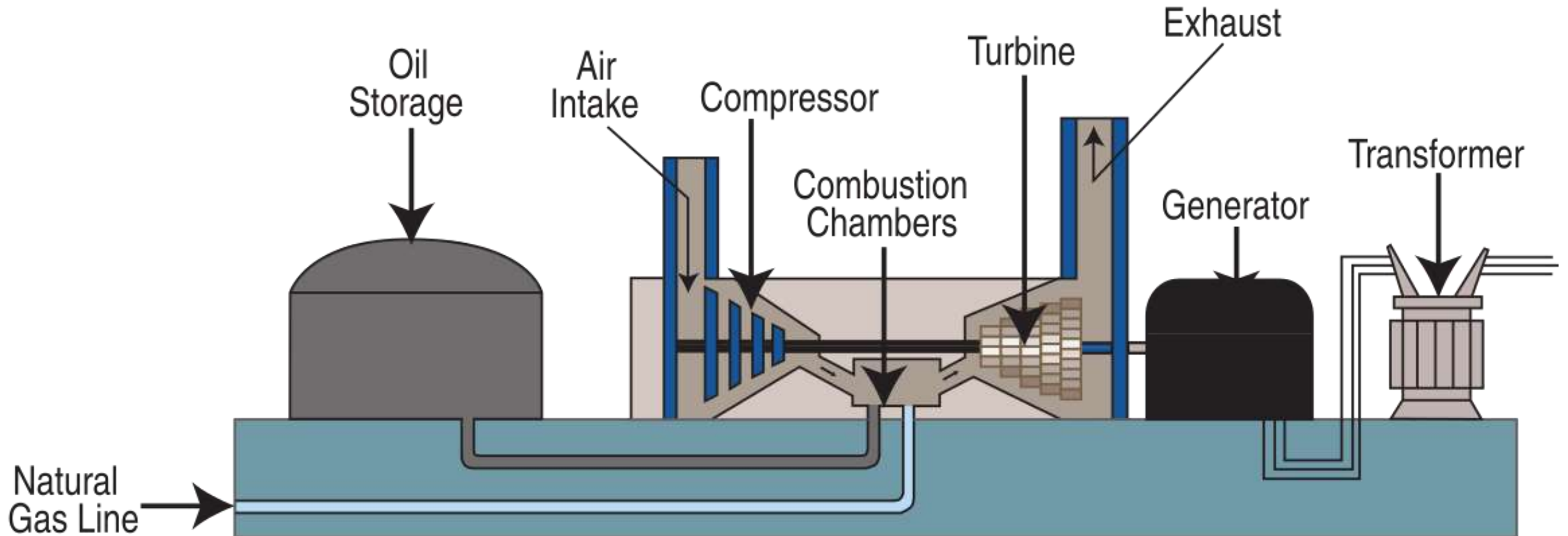
Centrale électrique à charbon
50 – 1000 MW



Les énergies conventionnelles

- Energie électrique

Centrale électrique à gaz
50 – 1000 MW

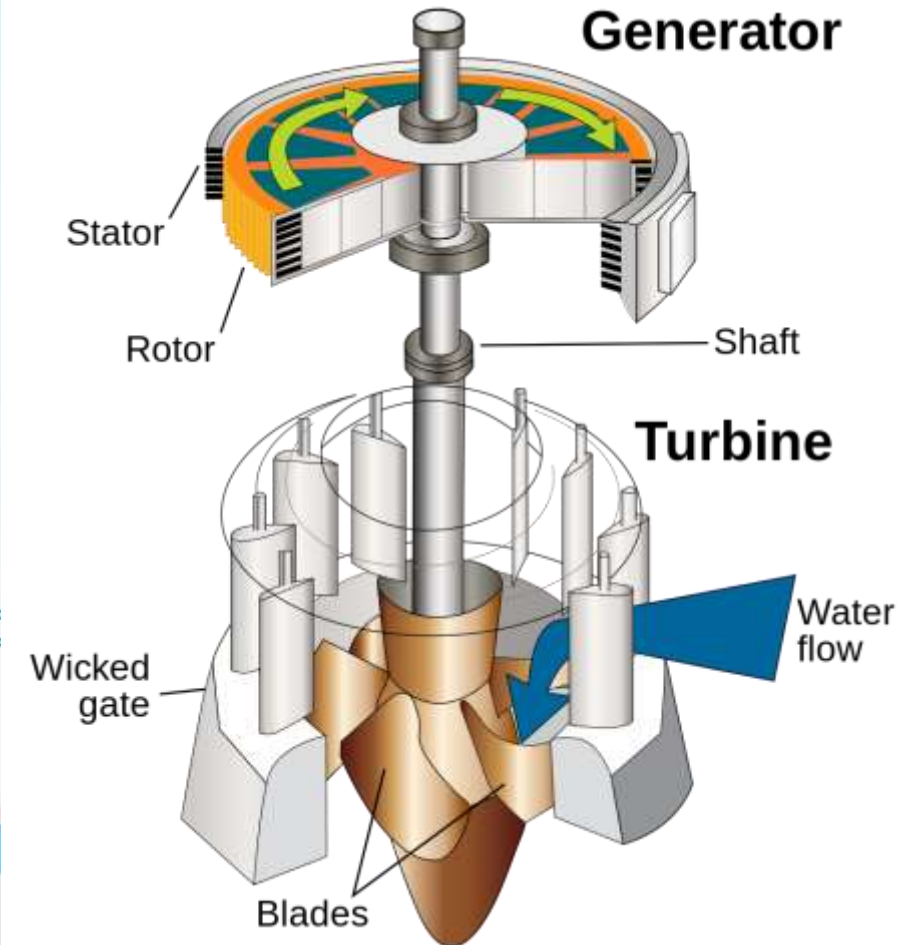
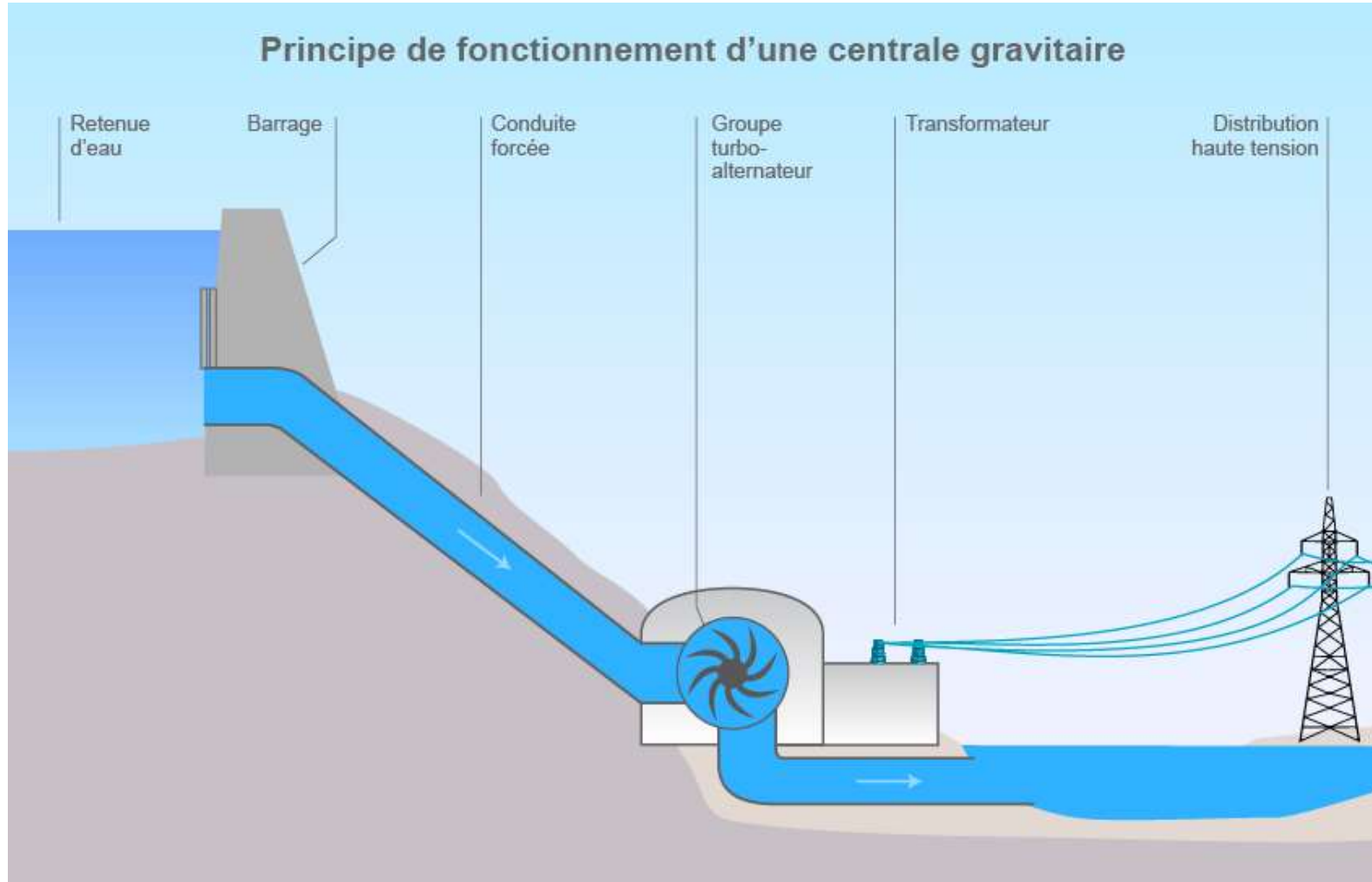


Les énergies conventionnelles

- Energie hydraulique (Turbine à eau)

Centrale Hydroélectrique

20kW – 10 MW

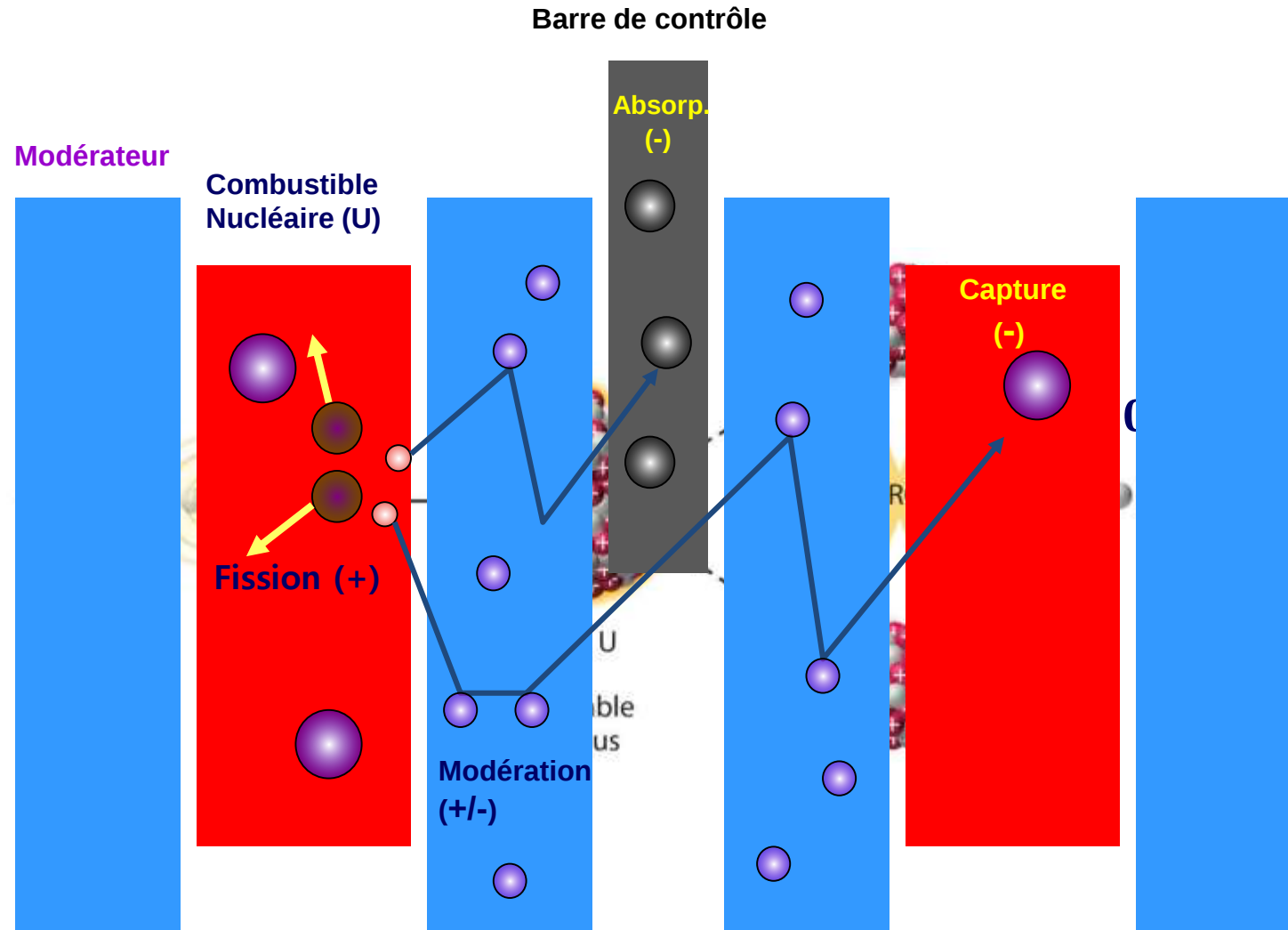
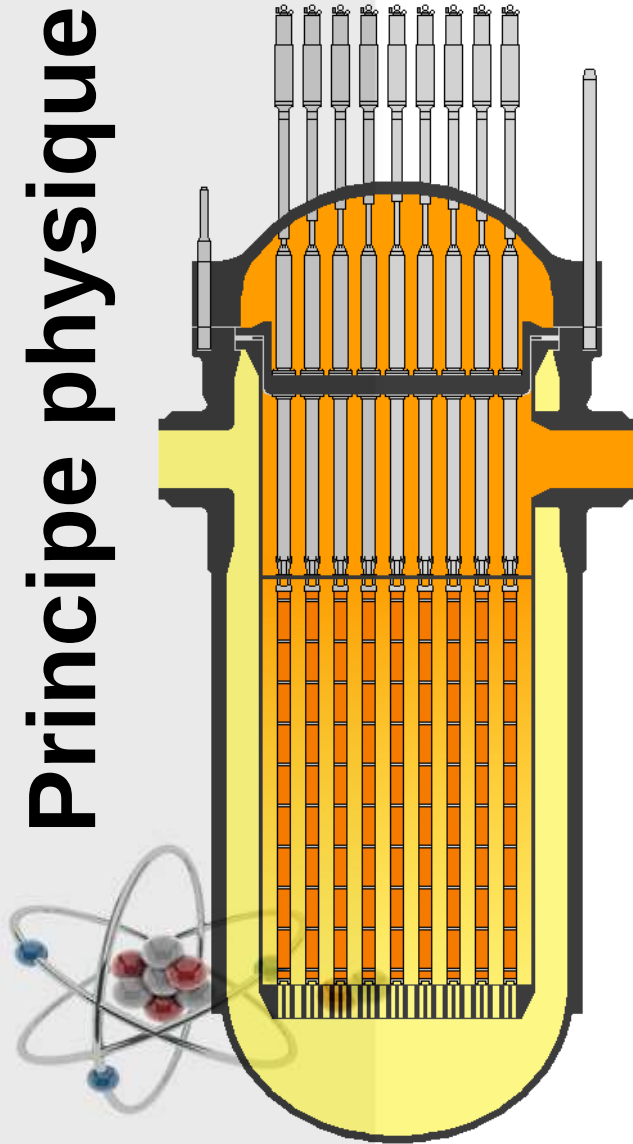


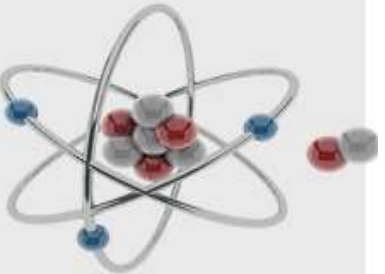


Les énergies conventionnelles

- L'énergie nucléaire

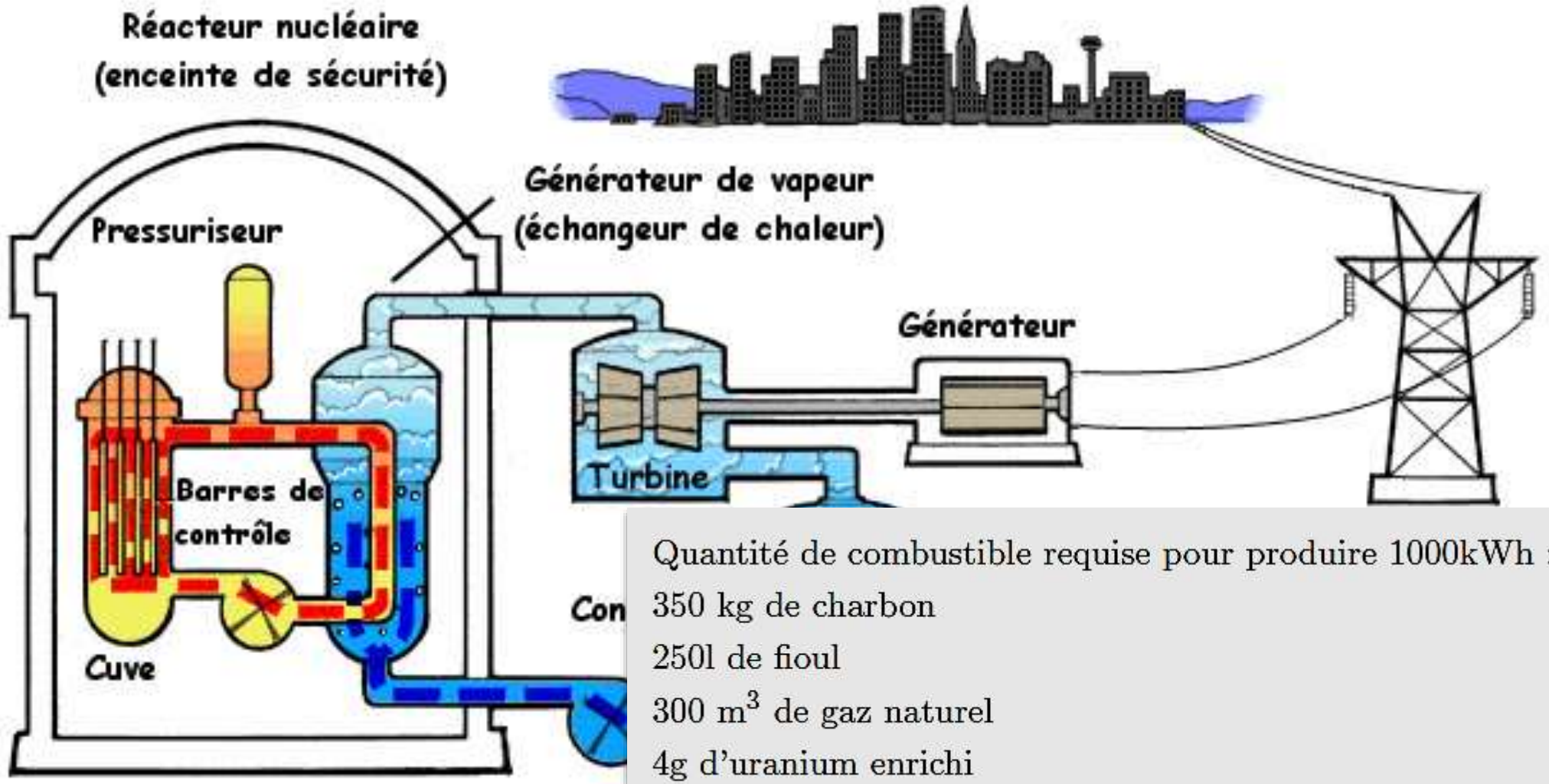
Principe physique





Les énergies conventionnelles

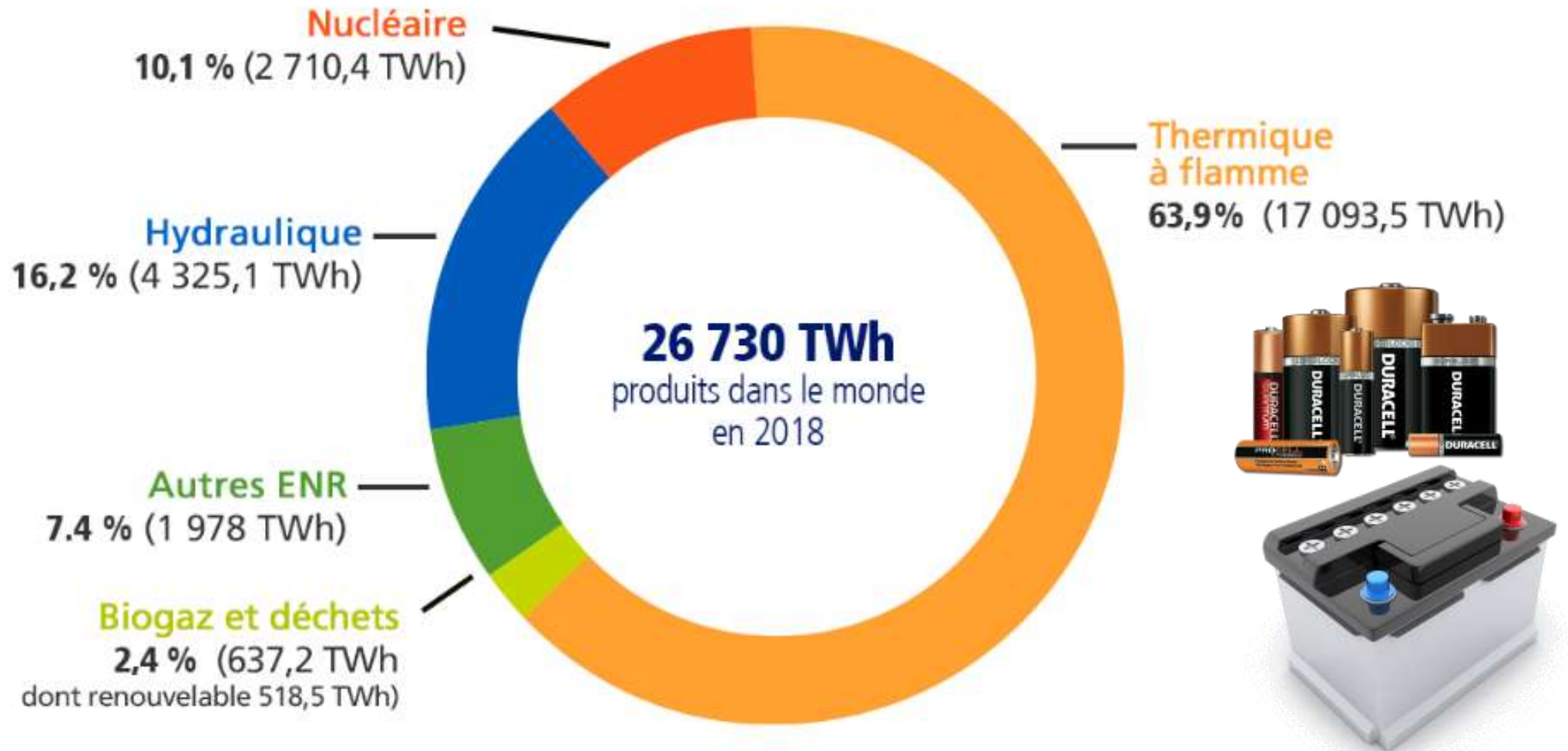
- L'énergie nucléaire 300 – 1500kW



Quantité de combustible requise pour produire 1000kWh :

- 350 kg de charbon
- 250l de fioul
- 300 m³ de gaz naturel
- 4g d'uranium enrichi

Les énergies conventionnelles



La production mondiale d'électricité en 2018

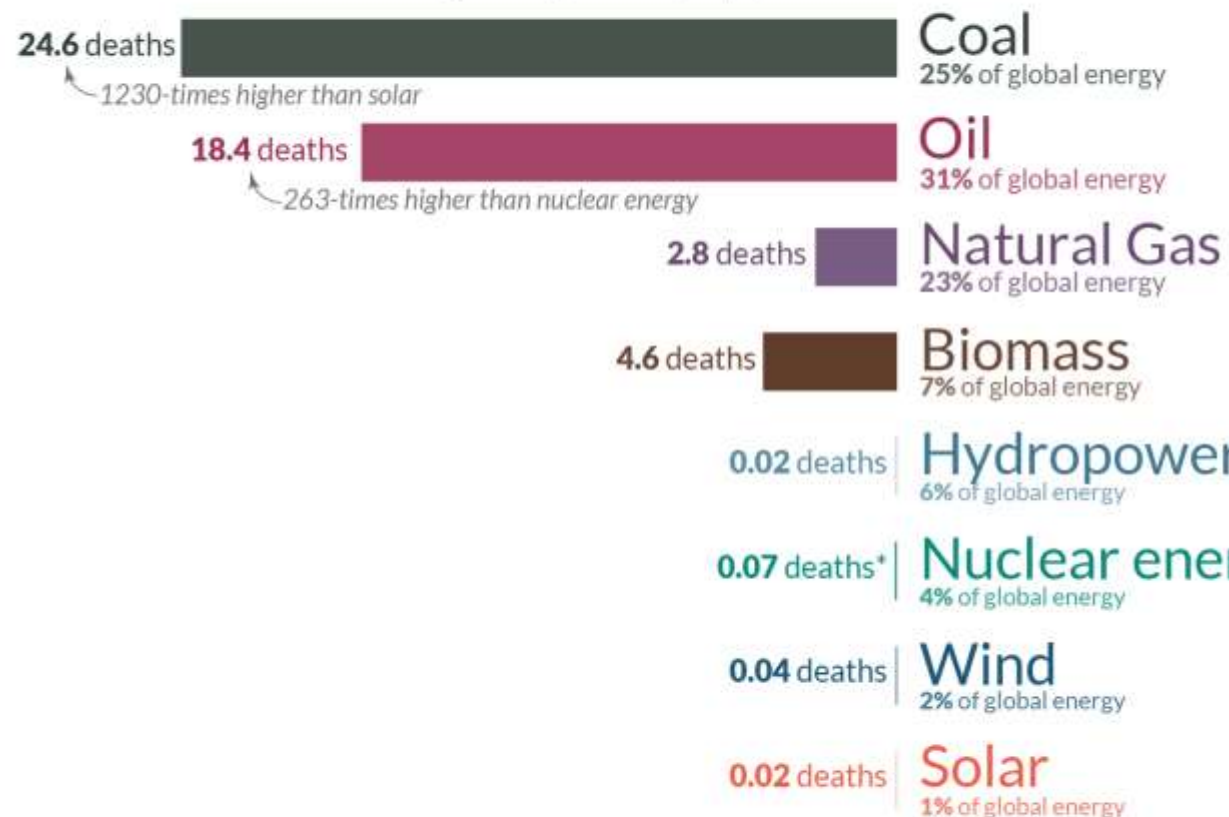
Source : International Energy Agency (IEA)

© EDF

What are the **safest** and **cleanest** sources of energy?

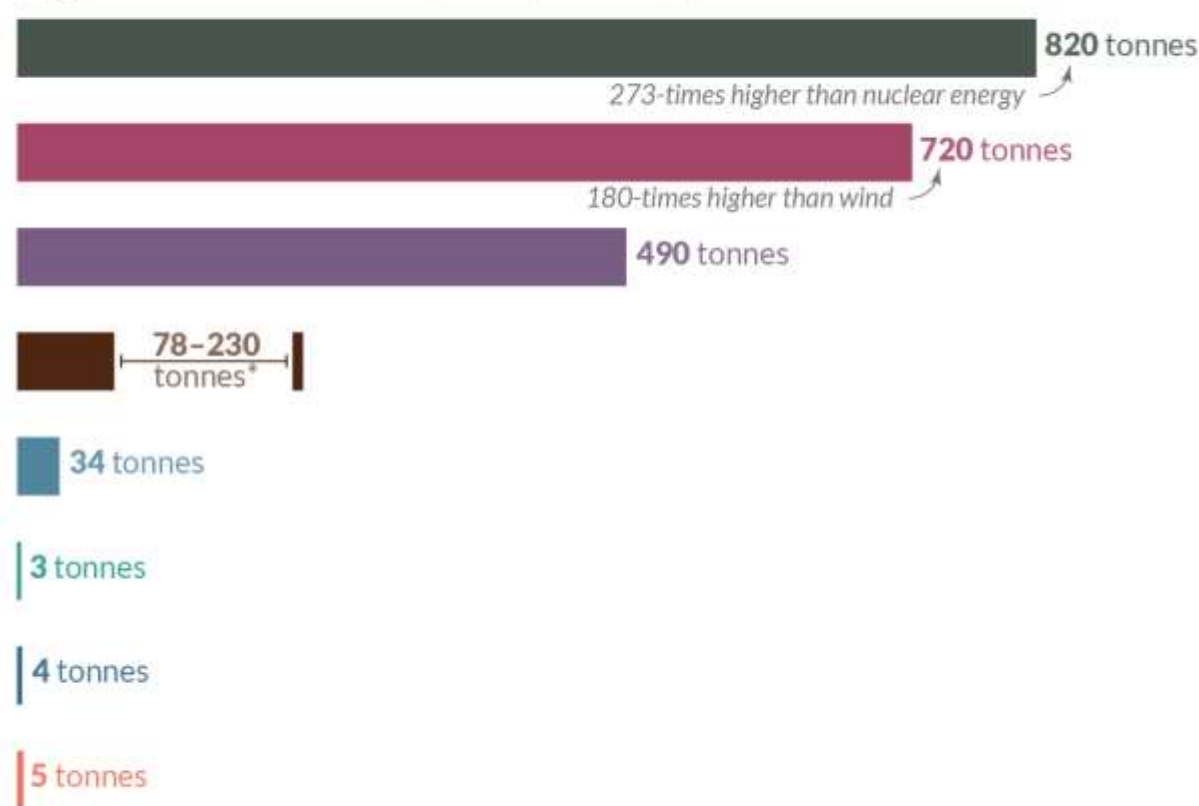
Death rate from accidents and air pollution

Measured as deaths per terawatt-hour of energy production.
1 terawatt-hour is the annual energy consumption of 27,000 people in the EU.



Greenhouse gas emissions

Measured in emissions of CO₂-equivalents per gigawatt-hour of electricity over the lifecycle of the power plant.
1 gigawatt-hour is the annual electricity consumption of 160 people in the EU.



*Life-cycle emissions from biomass vary significantly depending on fuel (e.g. crop residues vs. forestry) and the treatment of biogenic sources.

*The death rate for nuclear energy includes deaths from the Fukushima and Chernobyl disasters as well as the deaths from occupational accidents (largely mining and milling).

Energy shares refer to 2019 and are shown in primary energy substitution equivalents to correct for inefficiencies of fossil fuel combustion. Traditional biomass is taken into account.

Data sources: Death rates from Markandya & Wilkinson (2007) in *The Lancet*, and Sovacool et al. (2016) in *Journal of Cleaner Production*;

Greenhouse gas emission factors from IPCC AR5 (2014) and Pehl et al. (2017) in *Nature*; Energy shares from BP (2019) and Smil (2017).

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.