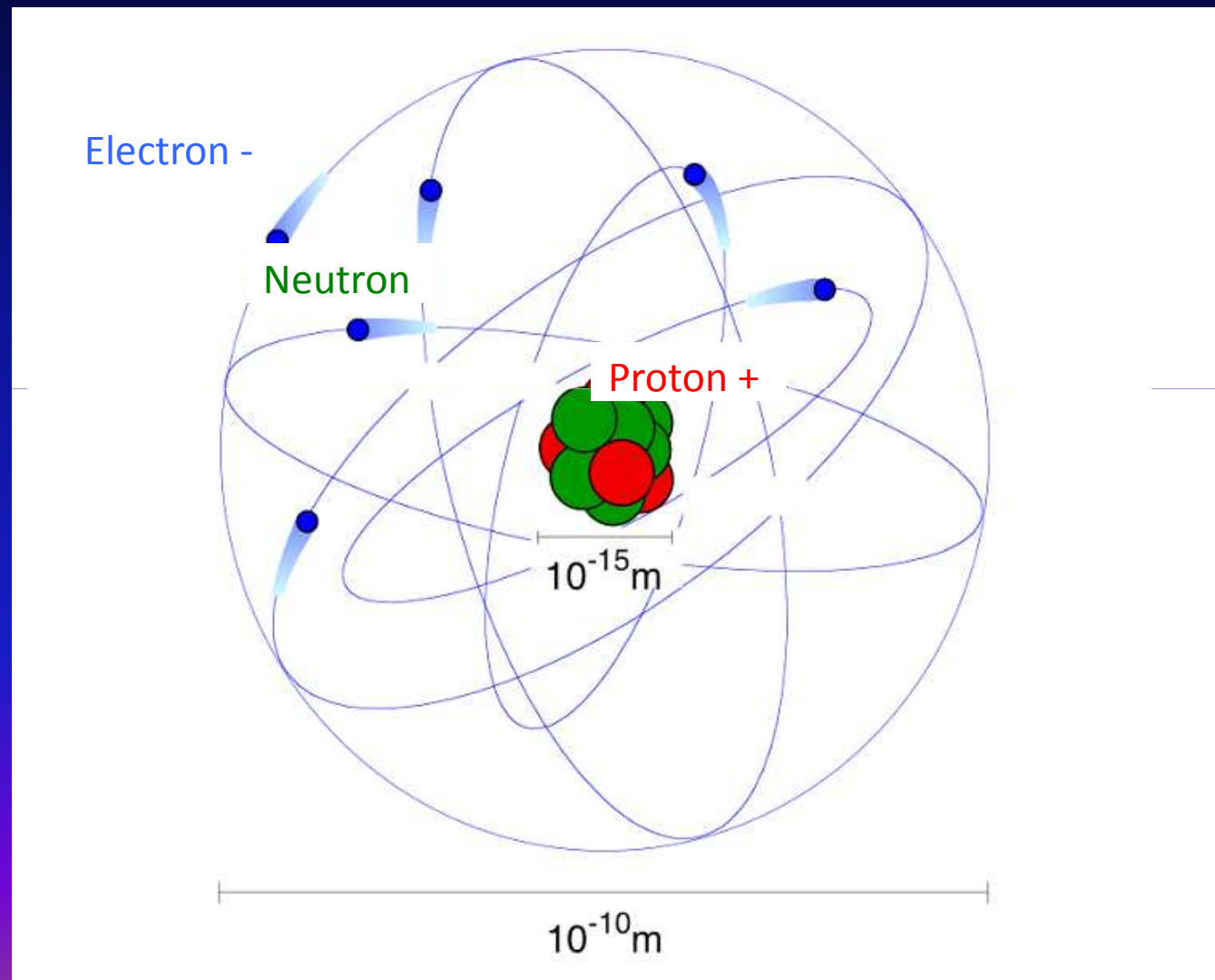


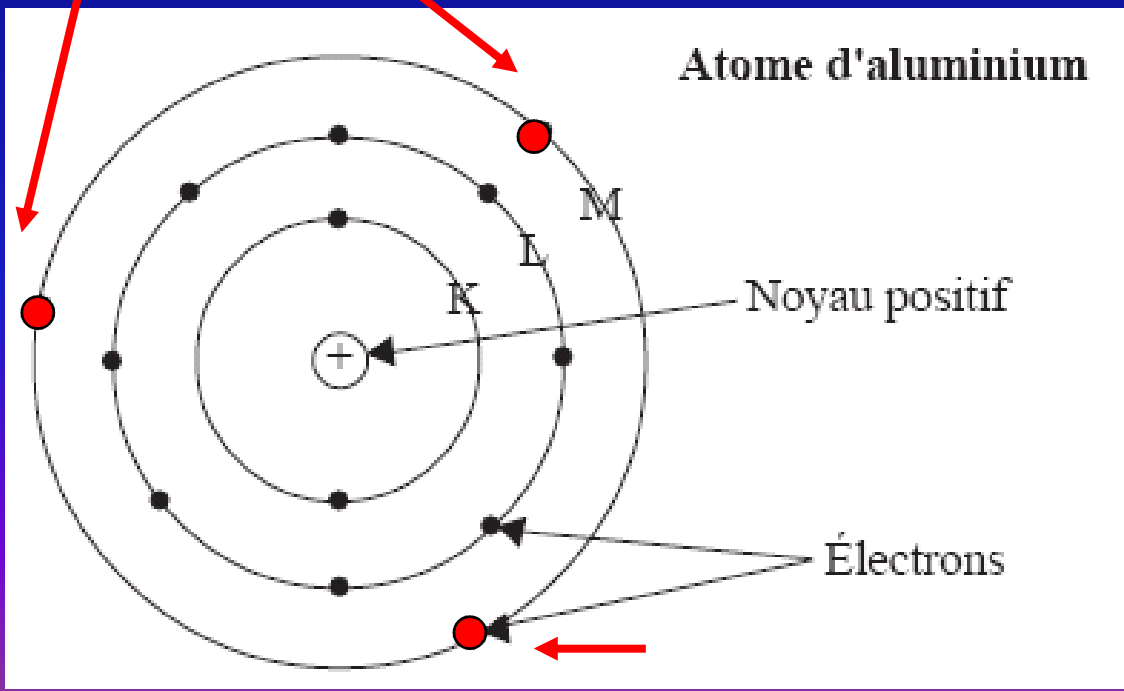
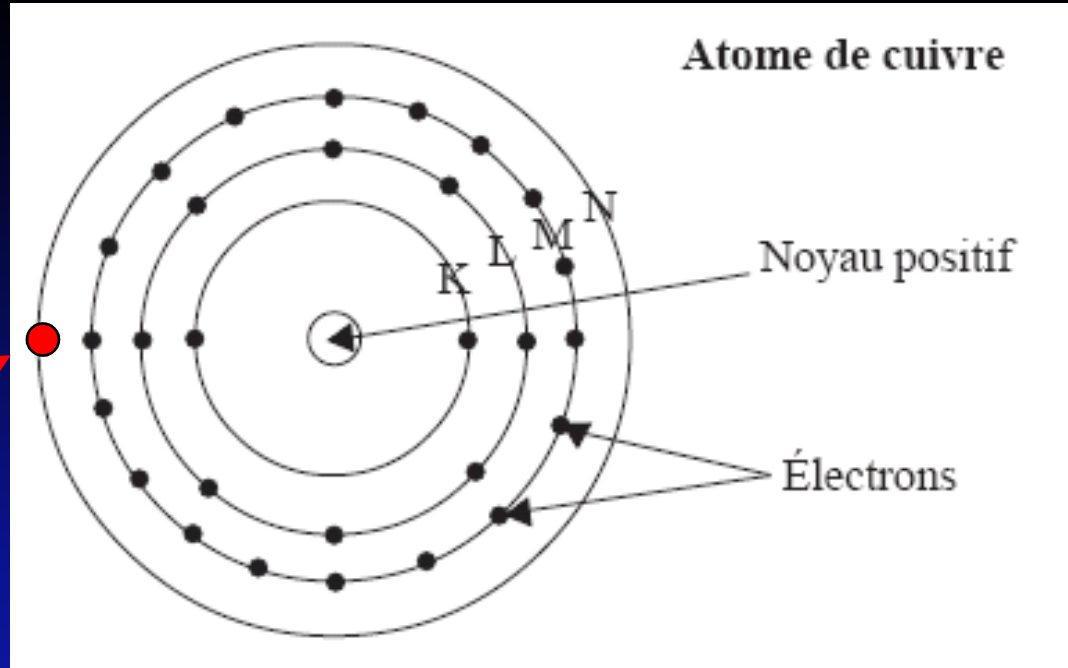
Origine du courant électrique

Constitution d'un atome



**MATERIAUX
CONDUCTEURS**

Électrons libres



CORPS ISOLANTS ET CORPS CONDUCTEURS

Nous pouvons classer les corps en deux groupes :

- les **corps isolants ou diélectriques** qui **s'opposent au passage des électrons** tels : la porcelaine, le verre, le corindon, le caoutchouc, les plastiques, le mica, la soie, la bakélite, le vernis isolant (émail), le bois sec, le papier, etc.,
- les **corps conducteurs** qui, **possédant des électrons libres** laissent passer le flux d'électrons tels les métaux (le cuivre et ses alliages, l'aluminium et ses alliages, le fer, etc.), le carbone, l'eau, le corps humain, le sol, ...

L'électricité : production et emploi

I. L'électricité pour le transport de l'énergie

Electricité = forme intermédiaire d'énergie intéressante car facile à transporter et à distribuer.

Produite principalement par conversion d'énergie mécanique au moyen **d'alternateurs**.

- Turbines hydrauliques dans les barrages
- Turbines d'éoliennes
- Turbines à vapeur ou à gaz :
 - Energie chimique (pétrole, gaz , bois, déchets ...) → énergie thermique
 - Energie nucléaire (uranium) → énergie thermique

L'alternateur

Transforme l'énergie mécanique en électricité

Utilisé dans toutes les centrales électriques quelle que soit la source d'énergie utilisée :

- Eau
- Vent
- Combustible fossile
- Combustible nucléaire

La conversion utilise la **loi d'induction de Faraday** : « un champ magnétique alternatif ou mobile induit un courant électrique dans un circuit conducteur. »

Alternateur = rotor tournant à l'intérieur d'un stator.

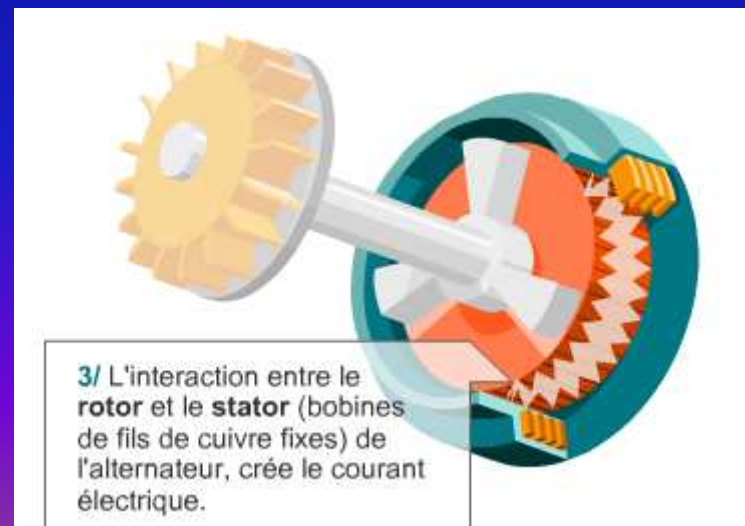
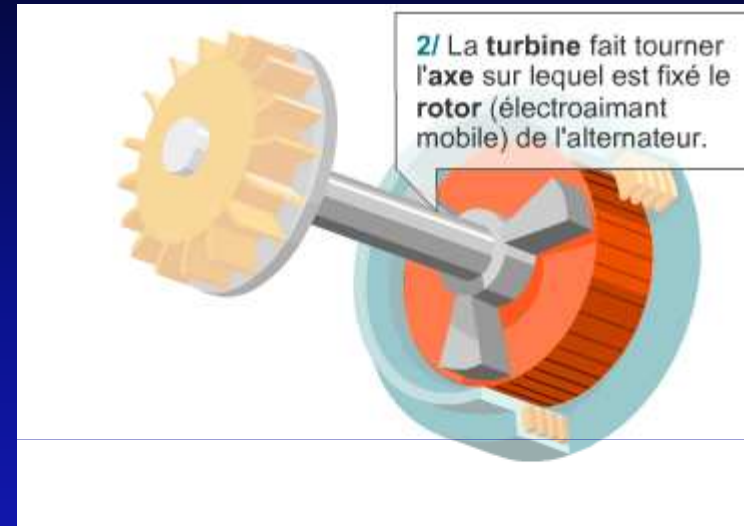
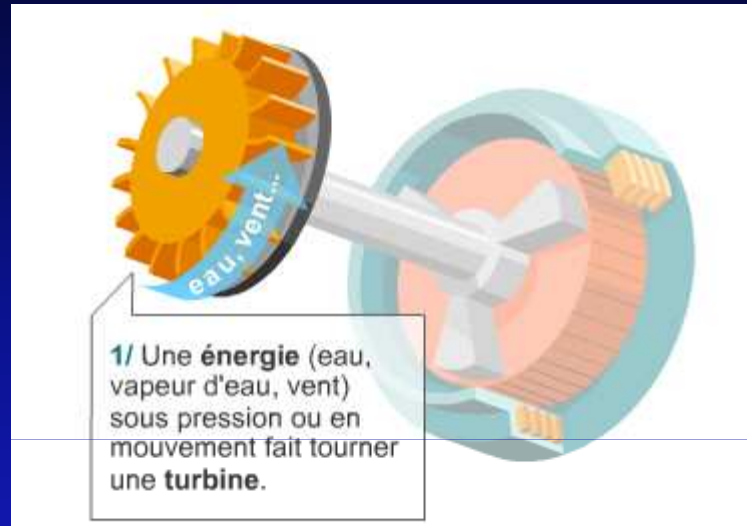
Le rotor (inducteur) est un électro-aimant

Le stator (induit) est un cylindre fixe avec des enroulements en cuivre dans lequel est généré un courant alternatif triphasé suite à la rotation du rotor.



*Exemple d'alternateur de forte puissance
1300 MW - 1500 t/min - 50 Hz triphasé*

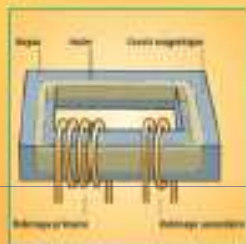
Le couple turboalternateur



Transformateur de grande puissance



Transformateur moyenne tension/basse tension



Bobinages

Schéma de refroidissement

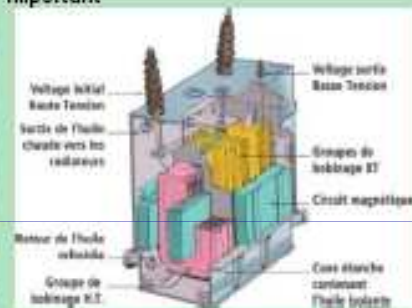


LE TRANSFORMATEUR

IL S'AGIT D'UN APPAREIL STATIQUE DESTINE A MODIFIER LA TENSION ELECTRIQUE.

SOIT EN L'ELEVANT

A la sortie des centrales de production, son rôle consiste à élever la tension électrique initiale (20 000 volts) afin de rendre l'électricité transportable sur de grandes distances. En effet, plus la longueur des lignes est importante, plus le courant perd de son énergie en route. C'est pourquoi le transport s'effectue sous un voltage important



SOIT EN L'ABAISSANT

En fonction de l'utilisateur final et de ses besoins en électricité, il est nécessaire d'abaisser la tension électrique par échelons successifs dans une série de transformateurs dont la taille est fonction de la puissance à transférer.

Les transformateurs sont des acteurs très importants dans le transport, la répartition et la distribution de l'énergie électrique.

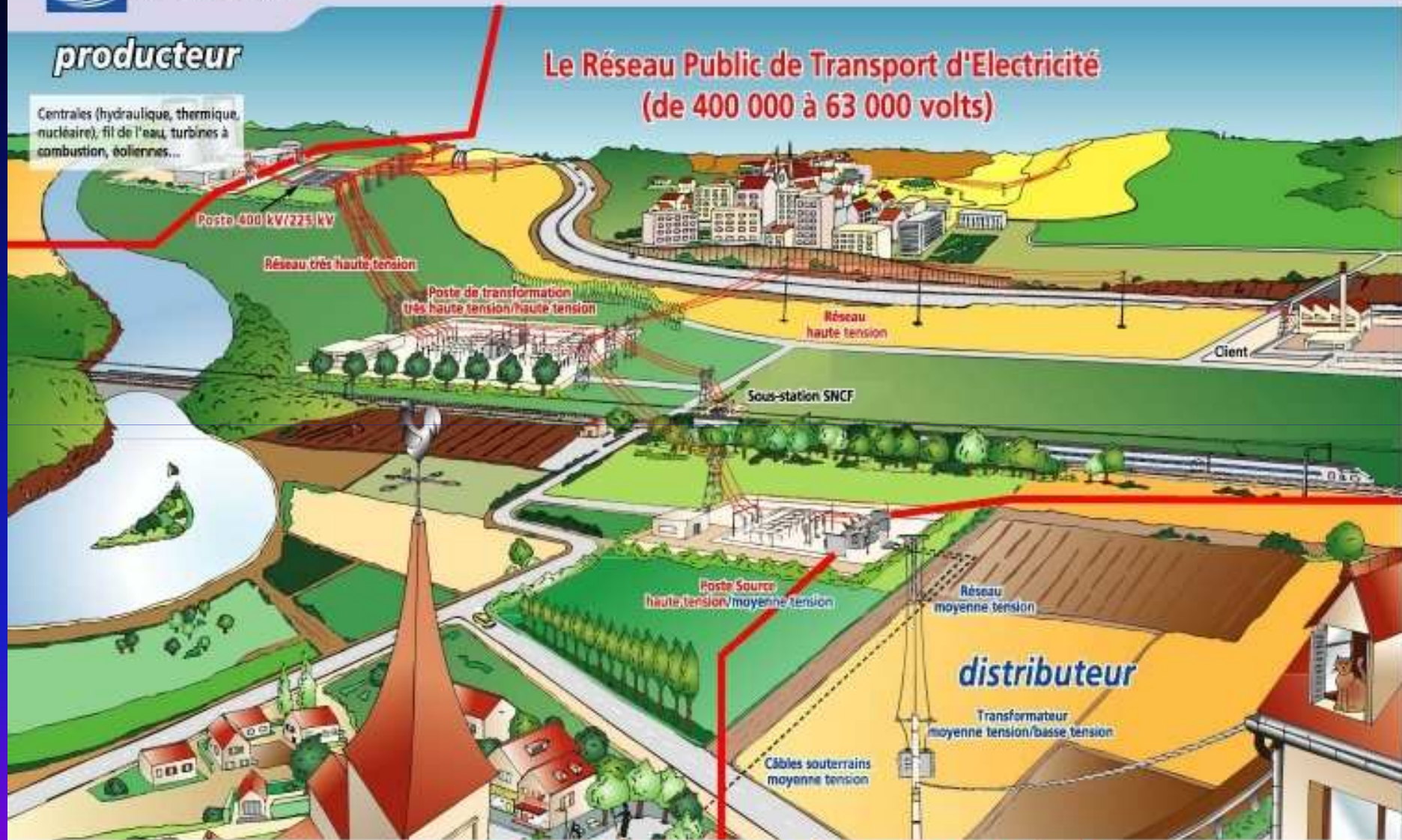


Direction
du Réseau de Transport d'Electricité

producteur

Centrales (hydraulique, thermique, nucléaire), fil de l'eau, turbines à combustion, éoliennes...

Le Réseau Public de Transport d'Electricité (de 400 000 à 63 000 volts)



LES CHEMINS DE L'ÉLECTRICITÉ

II. La production d'électricité

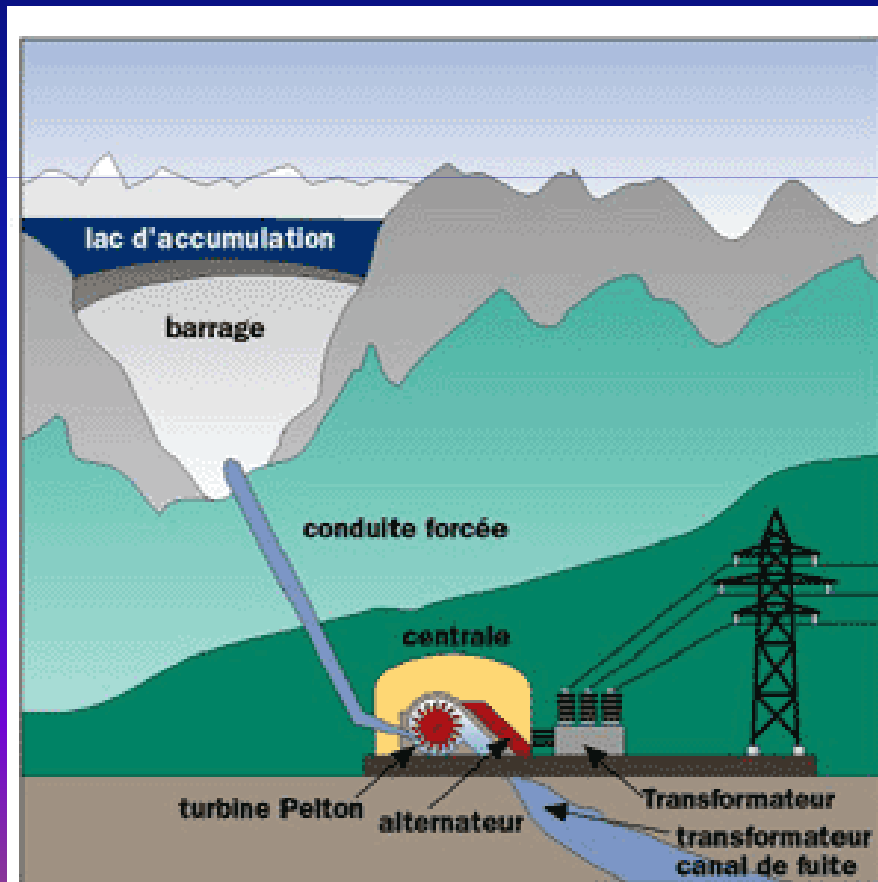
- Centrales hydroélectriques à accumulation
- Centrales hydroélectriques au fil de l'eau
- Centrales conventionnelles à chaudière
- Eoliennes
- Photovoltaïque
- Piles à combustible
- Hydroliennes

Production électrique en France en 2007

| | Puissance (GW) | Production (TWh) |
|----------------------|----------------|------------------|
| • Nucléaire | 63,3 | 418,6 (76,8 %) |
| • Thermique à flamme | 24,1 | 55 (10,2 %) |
| • Hydraulique | 25,4 | 63,2 (11,6 %) |
| • Eolien | 2,2 | 4 (0,7 %) |
| • Autres sources EnR | 0,9 | 3,9 (0,7 %) |
| TOTAL | 115,9 | 544,7 |

Centrale hydroélectrique à accumulation

L'eau de pluie et de fonte des neiges, retenue derrière un barrage, est acheminée par une conduite forcée jusqu'à des turbines hydrauliques qui entraînent des alternateurs : **conversion mécanique – électrique**.
Puissances de qq centaines de MW à plusieurs GW



Avantages :

- Excellent rendement (90%)
- fournit l'électricité à la demande
- énergie primaire gratuite

Inconvénients :

- Construction uniquement en montagne loin des centres urbains
- dégradation du paysage
- délocalisation de la population

Le barrage des trois gorges (Chine)



Turbine de l'une des 26 centrales hydroélectriques



Le barrage des trois gorges sur le fleuve Yangzi doit entrer en service dans sa totalité en 2009

Puissance : 18,2 GW (26 générateurs = 10 % de la capacité installée en Chine ,ou six fois la capacité des centrales hydroélectriques du Rhône ou encore l'équivalent d'une douzaine de tranches de centrale nucléaire)

Hauteur : 100 m

Longueur : 2,3 km

Volume d'eau retenu : 39 milliards de m³

Volume de béton utilisé : 27 millions de m³

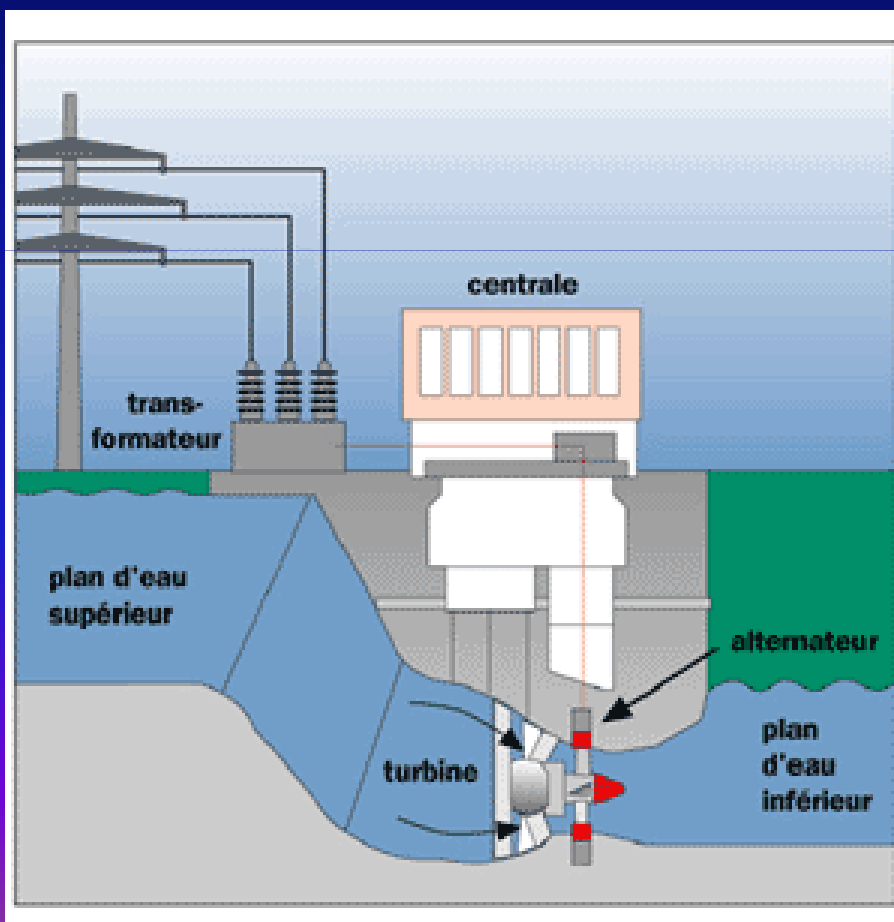
Réservoir de 660 km de long

Déplacement de 1,8 millions d'habitants

2 000 sites archéologiques menacés

Centrale hydroélectrique au fil de l'eau

Ces centrales sont similaires aux centrales à accumulation sauf qu'elles sont installées sur le parcours des cours d'eau. Puissances de qq dizaines de kW à qq centaines de MW.



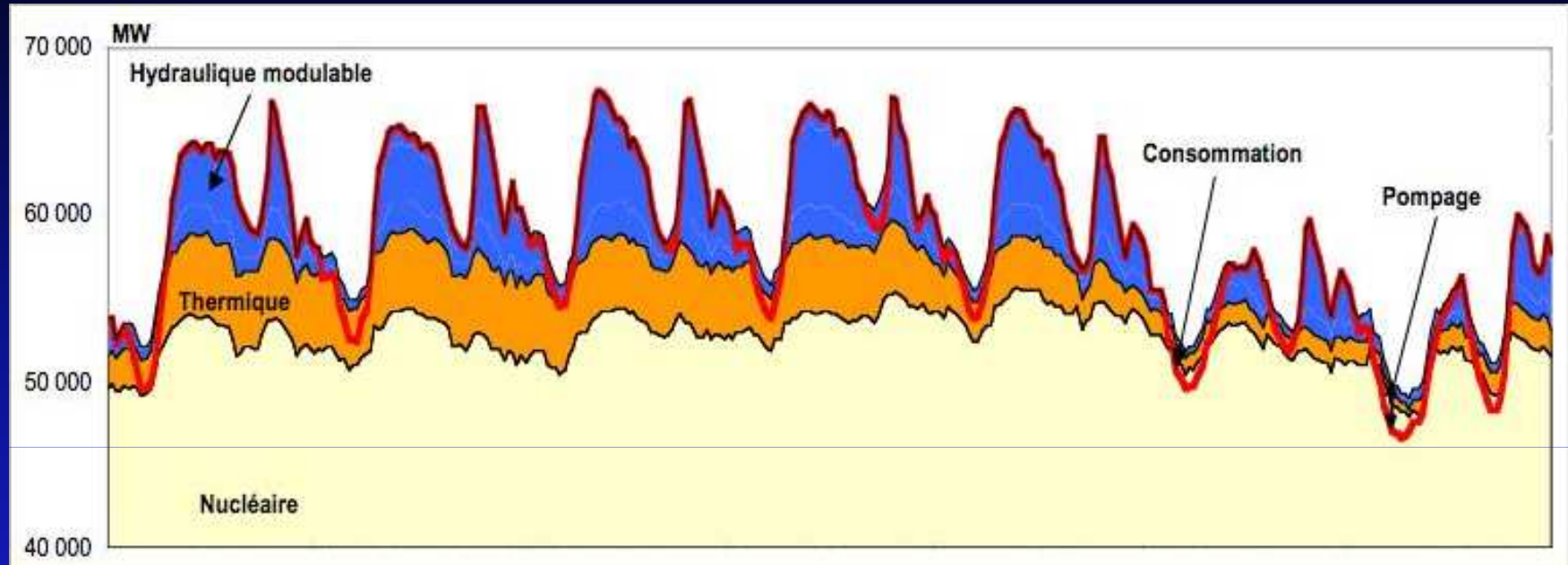
Avantages :

- Impact sur le paysage moindre
- énergie primaire gratuite
- moins éloignées des centres de consommation

Inconvénients :

- production dépendante du débit
- aucune possibilité de stockage

Utilisation de l'électricité d'origine hydraulique : électricité d'hyper-pointe



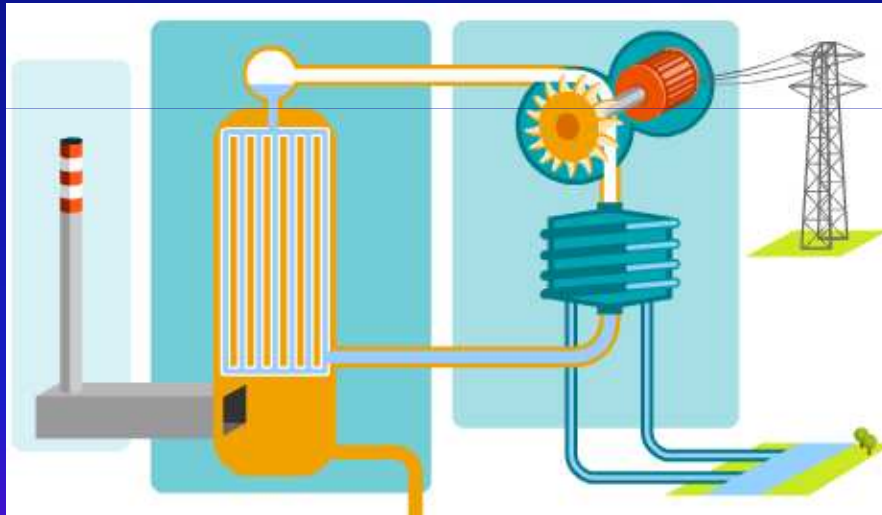
Puissance appelée d'une semaine-type d'hiver en France (courbe rouge), avec les moyens utilisés pour satisfaire la demande (chaque plage de couleur donne la contribution d'un type de moyen de production).

Source : EDF

Temps d'utilisation d'un barrage sur une année : 1 000 à 1 500 h (sur 8760 h)

Centrale conventionnelle à chaudière

Une chaudière à charbon, à mazout, à bois ou à gaz chauffe et vaporise de l'eau. Cette vapeur actionne une turbine, qui entraîne un turbo-alternateur.
Energie chimique → énergie thermique → énergie mécanique → énergie électrique



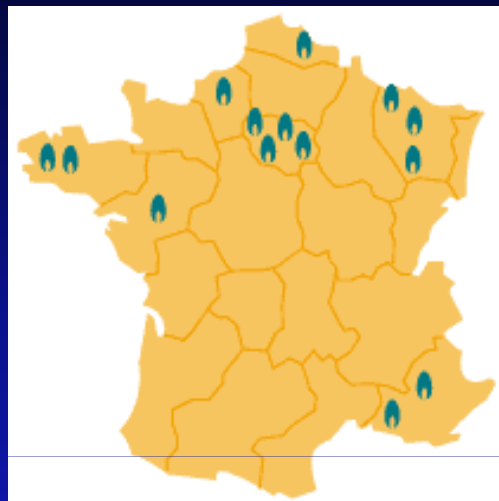
Avantages :

- Technologie bien maîtrisée présentant peu de risques

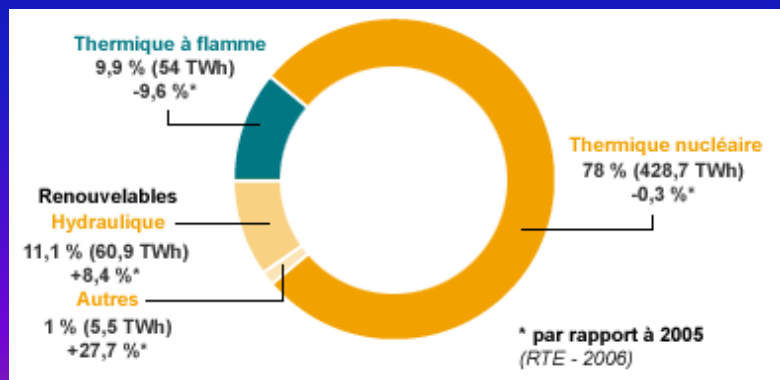
Inconvénients :

- Faible rendement (35%)
- Emission de gaz à effet de serre
- Epuisement des ressources (pétrole, gaz)

Centrale conventionnelle à chaudière



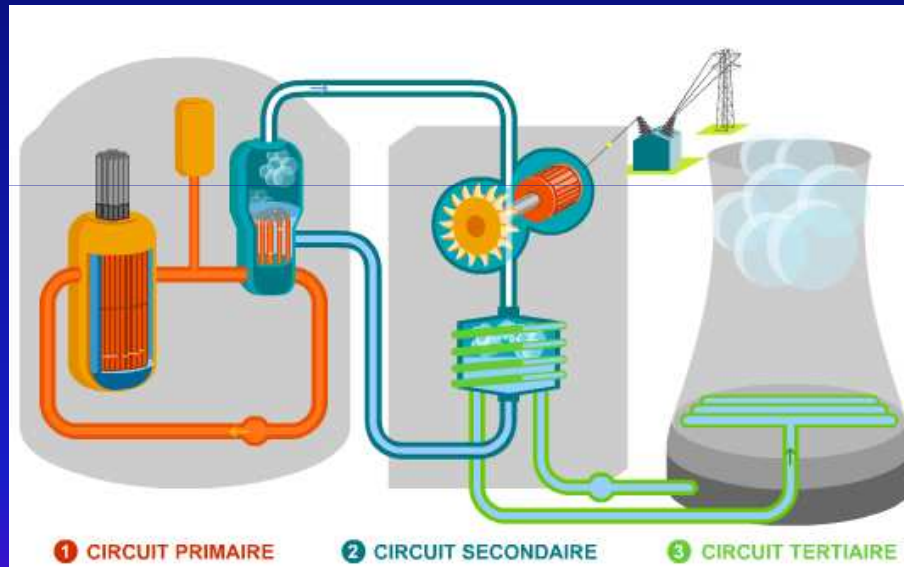
Lorraine = 19,2 %
Provence-Alpes-Côte d'Azur = 14,7 %
Île-de-France = 12,5 %
Haute Normandie = 11,6 %
Nord-Pas-de-Calais = 10,4 %
Pays de la Loire = 6,9 %
l'ensemble des autres régions = 24,7 %



*Centrale thermique du Havre : 1,45 GW, 5TWh/an
2 millions de tonnes de charbon*

Centrale nucléaire

Même principe qu'une centrale conventionnelle mais la chaleur est produite par une réaction nucléaire (fission d'atomes d'uranium)



Avantages :

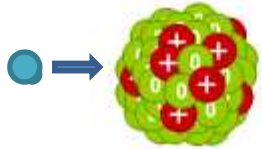
- Pas d'émission de gaz à effet de serre
- Puissance dégagée

Inconvénients :

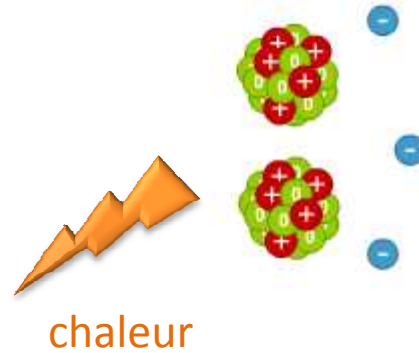
- Production de déchets radioactifs
- Matière première en quantité limitée
- Importance des dégâts causés en cas d'incident (Tchernobyl 1986)

La fission de l'uranium

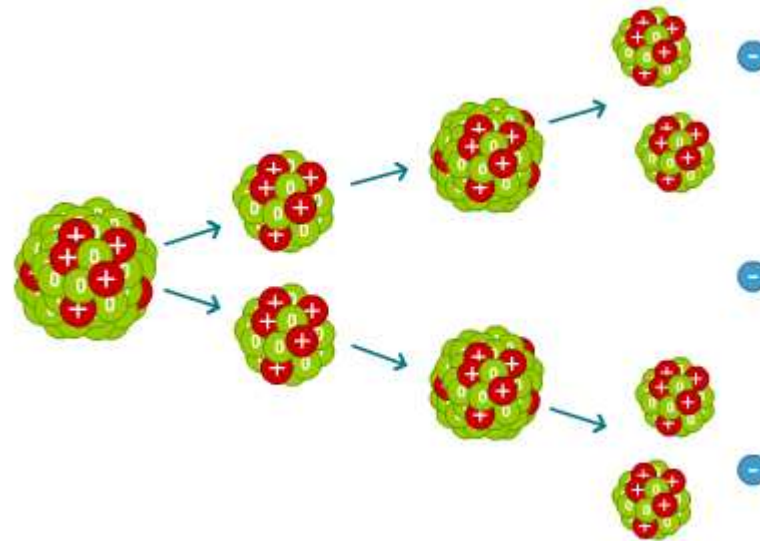
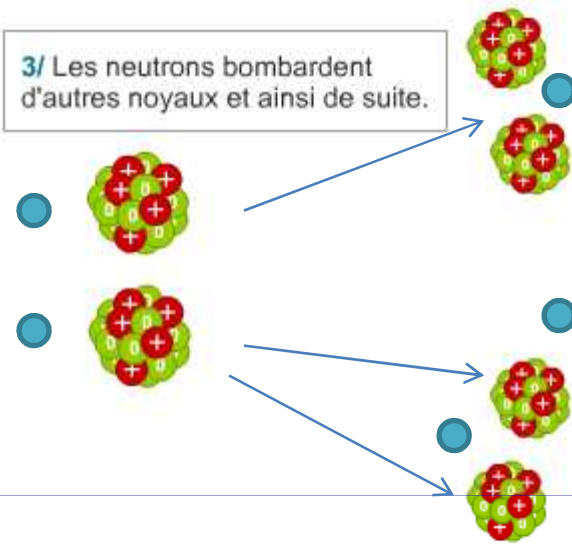
1/ Un neutron bombarde un noyau d'uranium.



2/ Le noyau se casse en libérant de l'énergie et deux neutrons.



3/ Les neutrons bombardent d'autres noyaux et ainsi de suite.

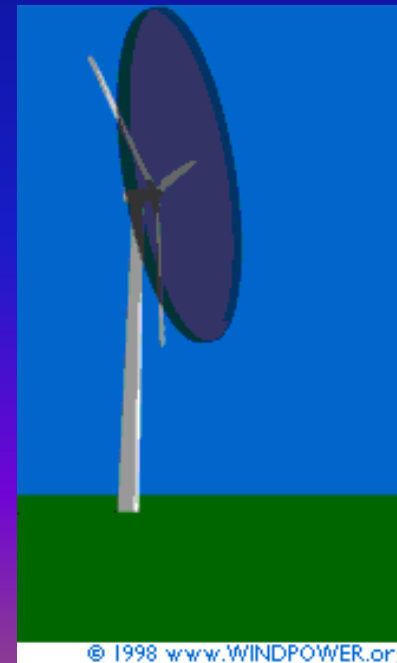


Eolienne

L'éolienne tire son énergie du vent

→ transformation de l'énergie cinétique des molécules d'air en déplacement en énergie électrique.

Les pales activent un générateur qui alimente un réseau local ou directement le réseau national.



Eolienne

Une éolienne **standard aujourd'hui** est équipée d'un générateur de 1 MW, une hauteur de 60 à 80 m et un diamètre de rotor de env. 54m

Elle tourne lorsque la vitesse du vent s'établit entre 15 et 90 km/h (au delà, arrêt pour des raisons de sécurité)

Trois types de configuration :

- Eolienne sur terrain individuel
- Ferme éolienne ou parc éolien (3 à 10 machines distantes de 200 m sur 10 ha)
- Ferme éolienne en mer (10 km des côtes, 25 à 30 m de profondeur)

Eolienne

Objectifs 2010 : 22 % d'électricité d'origine renouvelable en Europe

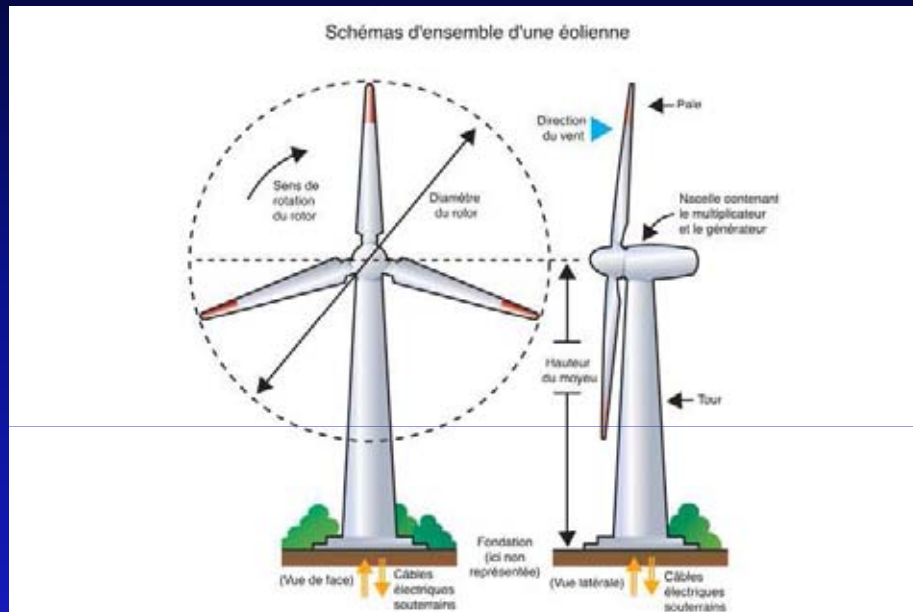
Soit 660 TWh sur 2900 TWh consommés

Gisement éolien terrestre européen estimé à 4 800 TWh

Coût d'une éolienne : 800 à 1 000 € / kW (terrestre)
 1 700 à 2 000 € / kW (offshore)

1 W installé produit annuellement entre 2 000 et 3 800 Wh/an

Eolienne



Avantages :

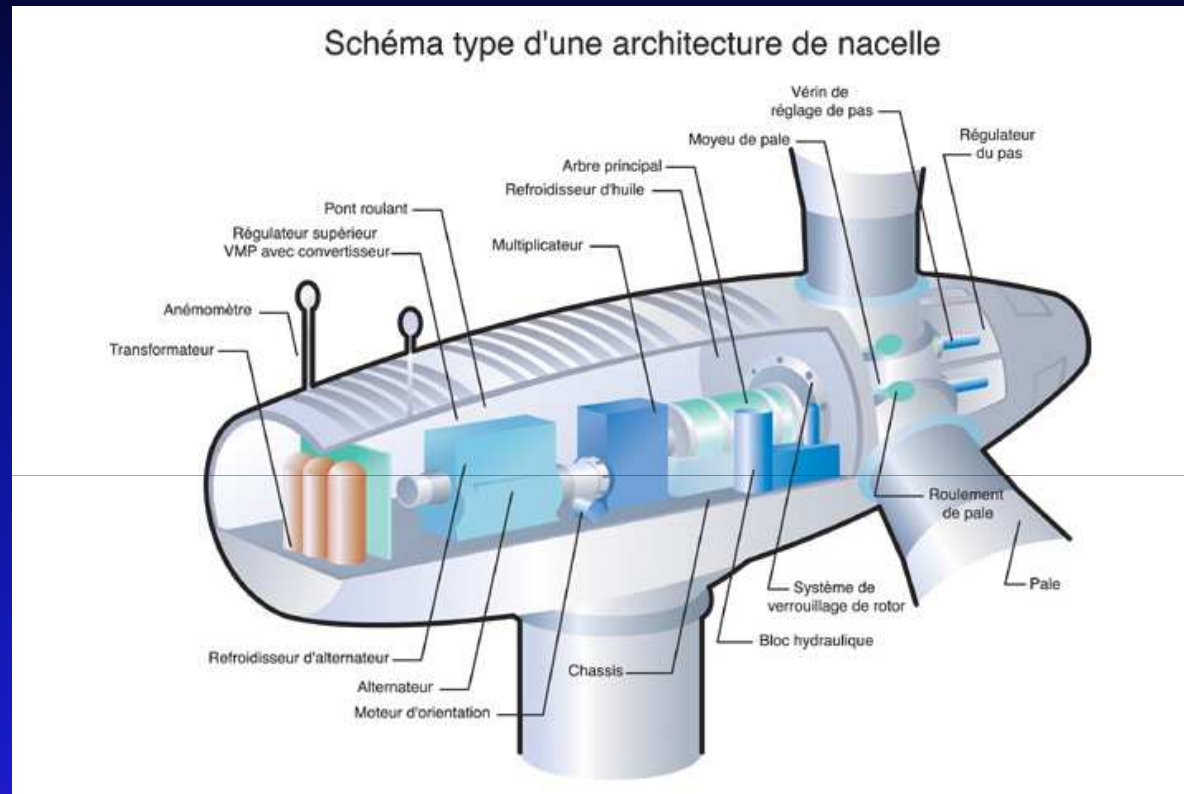
- Energie primaire gratuite
- Pas de déchets (à la production)

Inconvénients :

- Production dépendante du vent
- Impact visuel
- Environnement salin pour les installations offshore

Puissance fournie par l'éolienne : $P = k S v^3$ avec S la surface de vent interceptée, v la vitesse du vent et k un facteur dépendant de l'éolienne ($k=0,37$ pour une éolienne idéale)

Eolienne

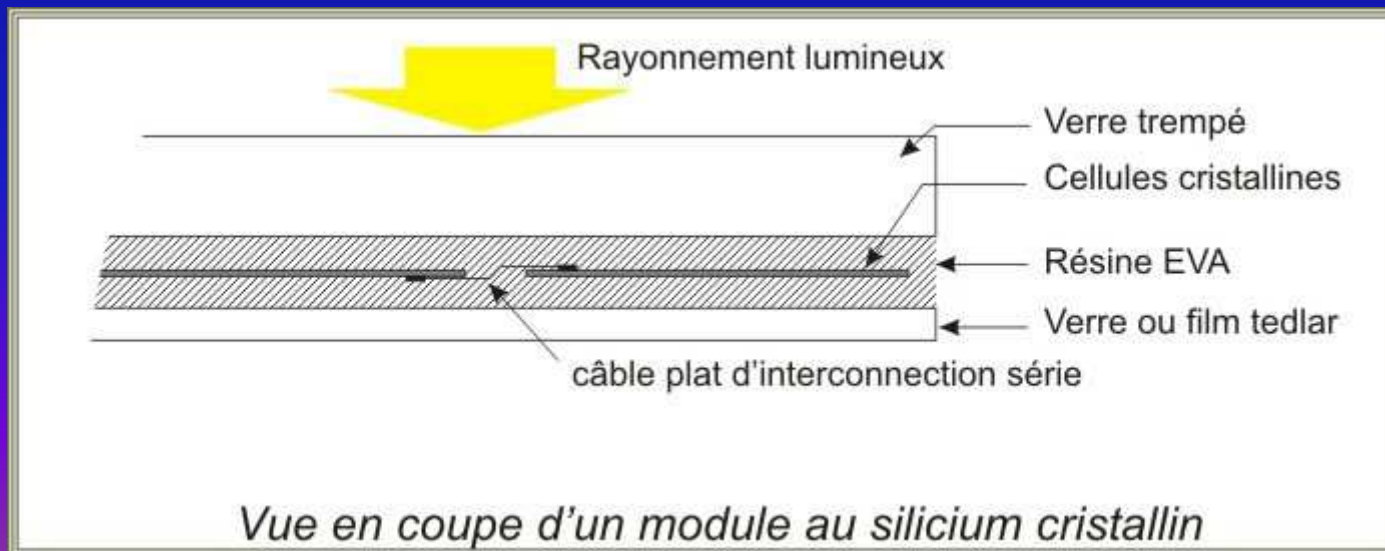
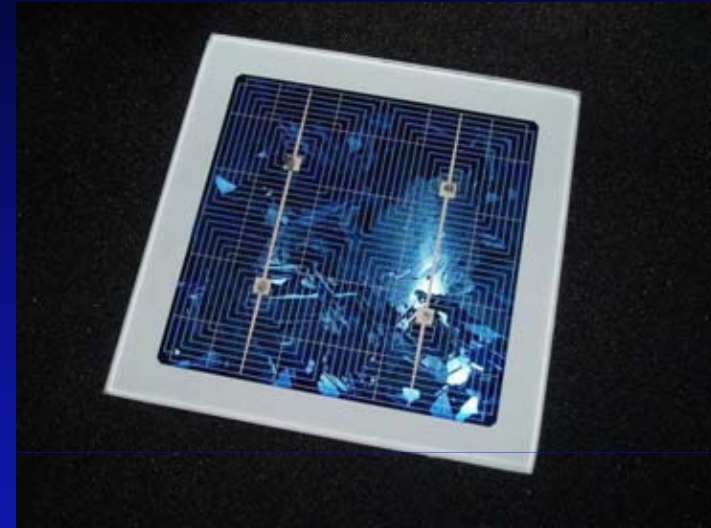


- Vitesse de rotation du rotor de 12 à 15 tours / mn
- Multiplicateur → alternateur 1 500 tours / mn
- Convertisseur électronique → 50 Hz
- Tension de l'électricité produite par l'alternateur : de 600 à 1 000 volts

Le photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un composant électronique qui, exposé à la lumière (photons), génère une tension électrique (0,5 V / cellule)

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



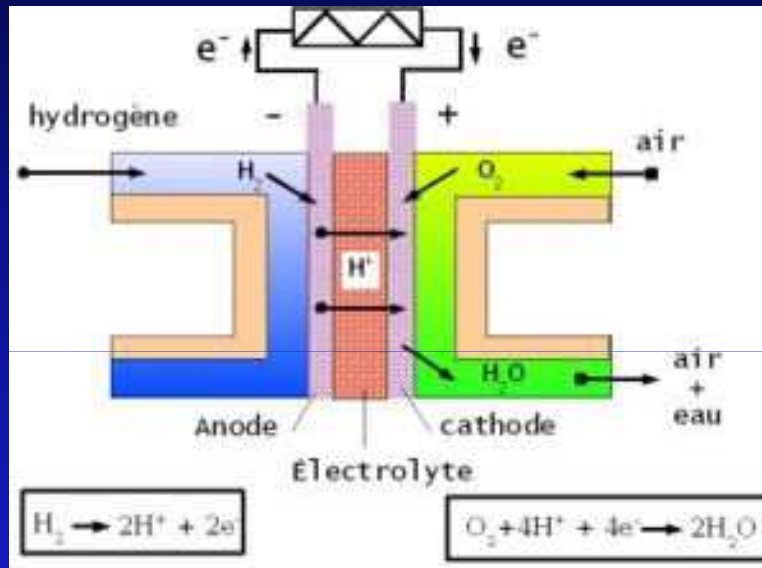
Le photovoltaïque



Centrale de Serpa (Portugal : 52 000 panneaux sur 60 hectares pour une puissance de 11 MW)

Centrale de Moura au Portugal (opérationnelle en décembre 2007) : Ses 350.000 panneaux solaires, qui occupent 114 hectares, devraient fournir 62 MW.

La pile à combustible



PAC à membrane échangeuse de protons

Principe de fonctionnement de la *PAC* à membrane échangeuse de protons

Anode : oxydation de l' H_2 : $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

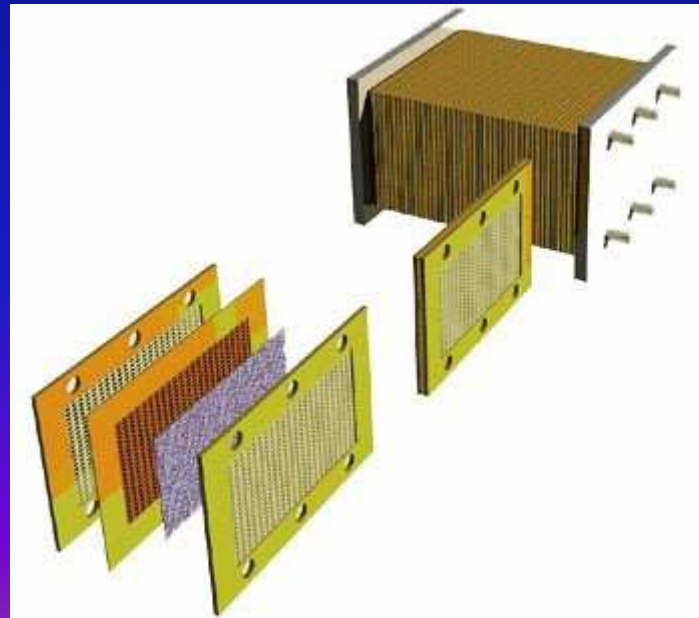
Cathode : réduction de l' O_2 : $O_2 + 2e^- \rightarrow 2O^{2-}$
puis $O^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O$

Bilan : $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$

La pile à combustible

Cellule = cathode + électrolyte + anode + couches de diffusion
+ plaques bipolaires

- Tension nominale : 0,6 à 0,7 V
- Intensité nominale : 0,5 à 1 A/cm²



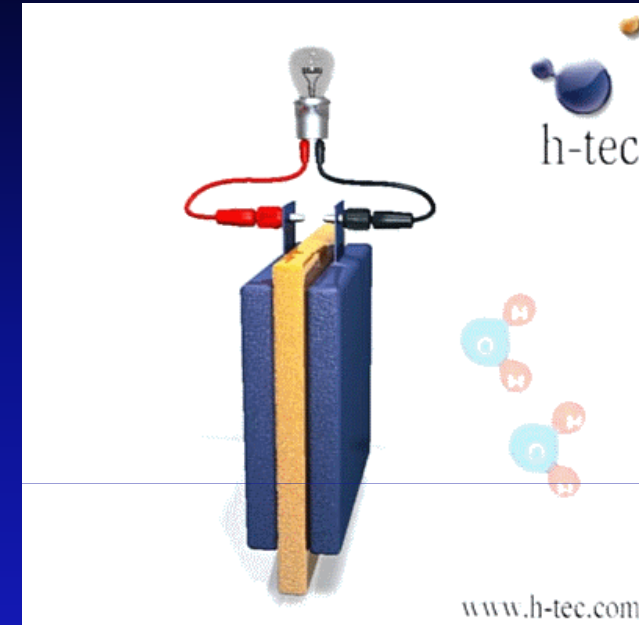
La pile à combustible

Avantages

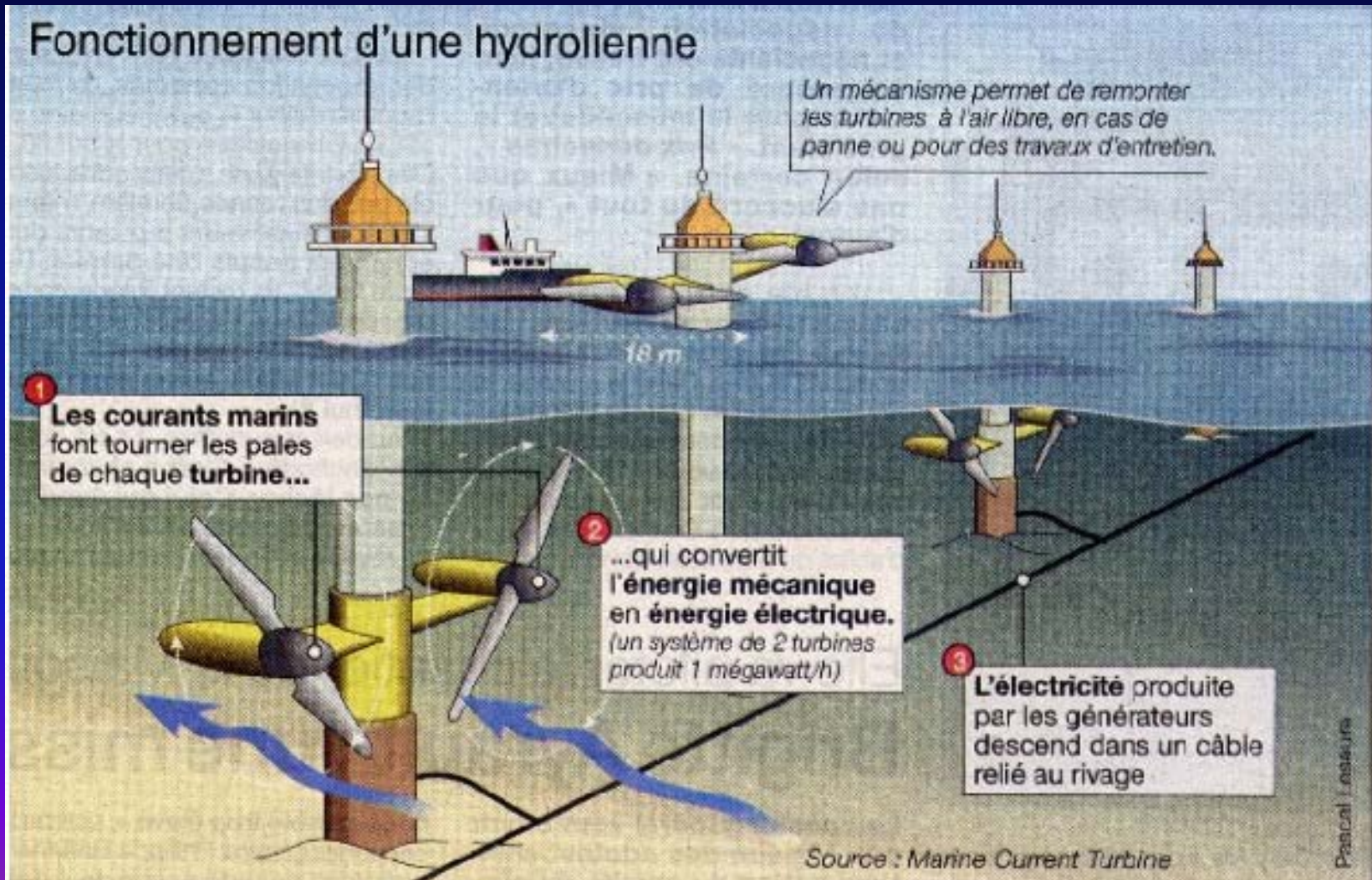
- Très bons rendements énergétiques (0,5 à 0,6).
- Très faibles émissions sonores.
- Peu encombrantes.
- Fonctionnent à basse température.
- Peu d'entretien.
- Pratiquement pas polluantes (suivant le combustible utilisé).

Inconvénients

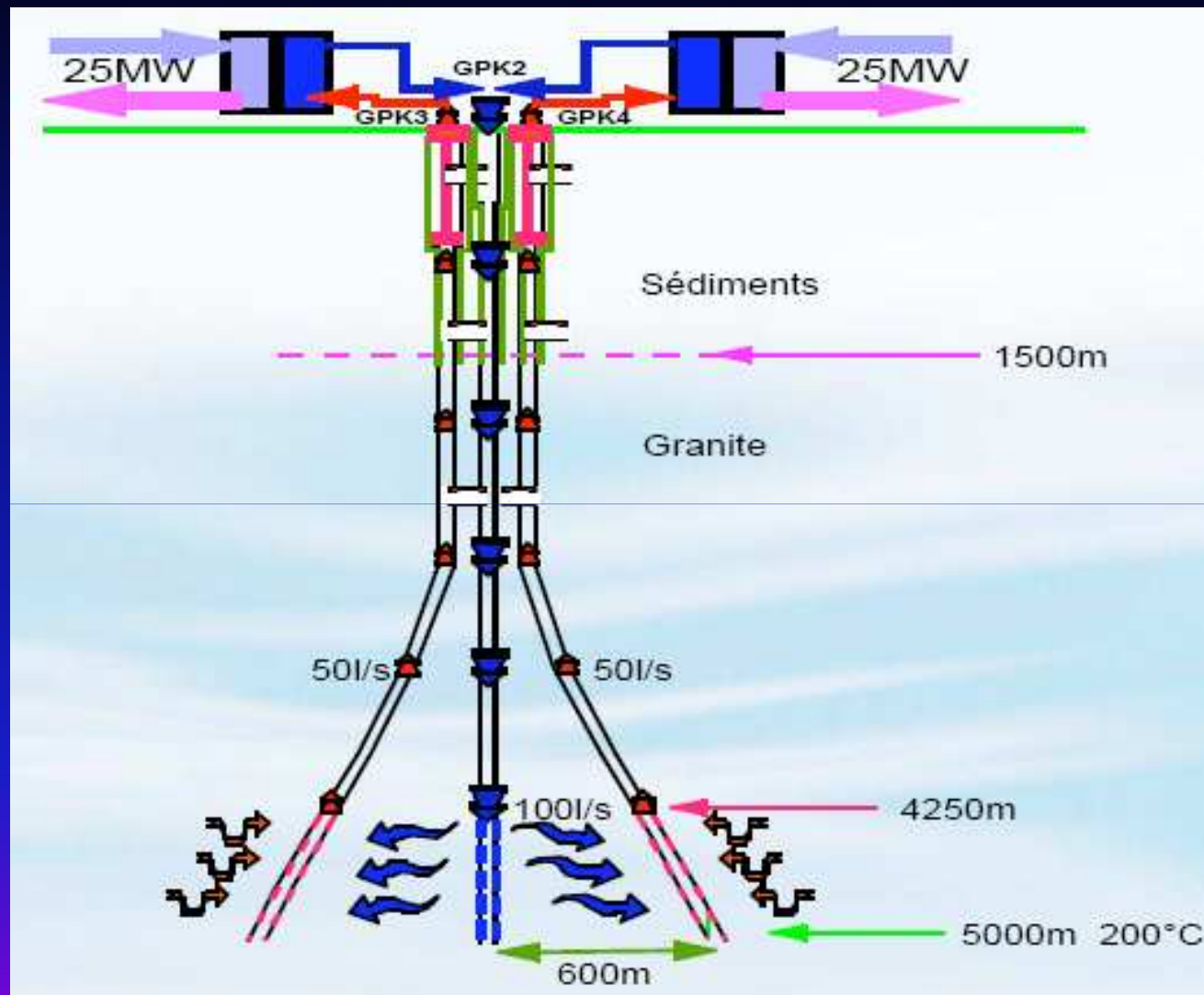
- Coût de fabrication relativement élevé
- Durée de vie d'une pile à combustible trop faible (qq milliers d'heures).
- Préjugés de la population (hydrogène).



L'énergie des courants marins



Production d'électricité par la géothermie

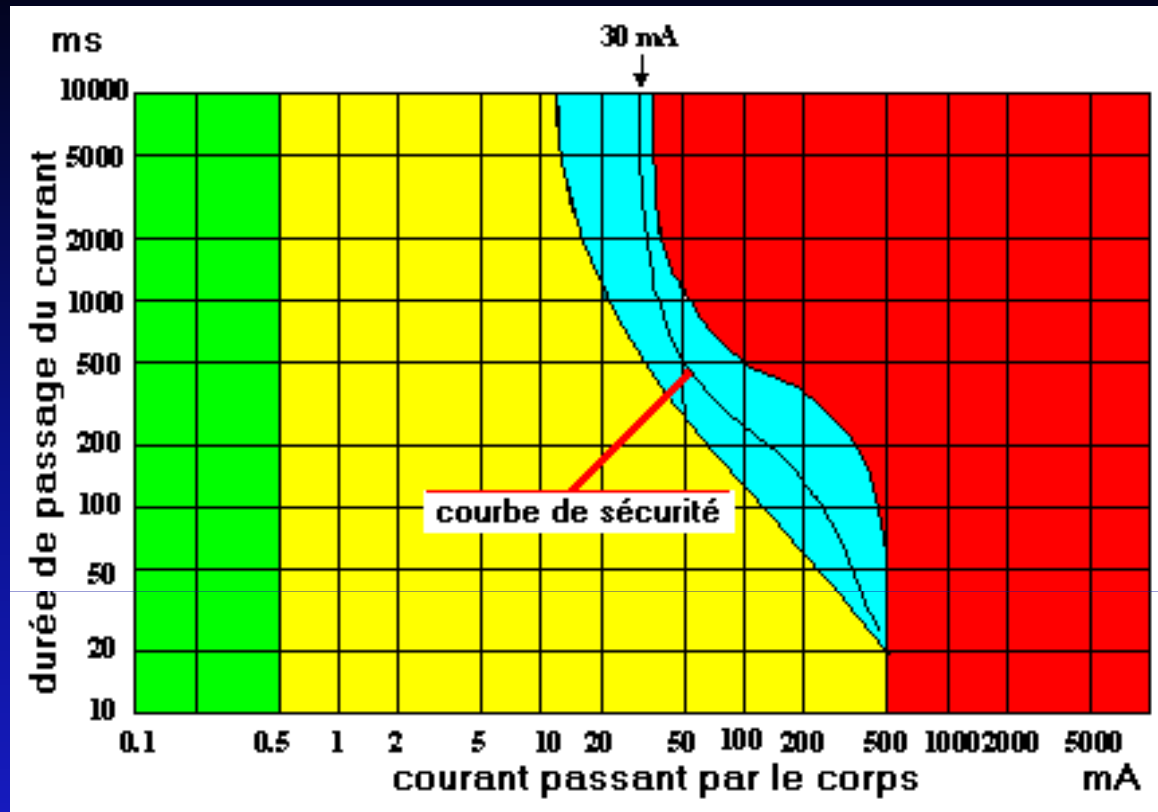


Troisième source d'énergie renouvelable dans le monde

III. Les dangers du courant électrique

Les effets du courant électrique dépendent :

- de la valeur du courant corporel
- du temps de passage du courant dans le corps
- de la tension de contact
- de l'état et de l'humidité de la peau
- de la personne (âge, corpulence, état de santé ...)
- de la surface de contact et de la pression exercée
- du trajet suivi par le courant (des organes affectés)



$$I = U / R$$

$$U = 230 \text{ V}$$

$$R = 5\,000 \, \Omega \text{ (moyenne)}$$

$$R = 1\,000 \, \Omega \text{ (humide)}$$

$$I = 230 / 5\,000 = 45 \text{ mA}$$

$$I = 230 / 1\,000 = 230 \text{ mA}$$

Zone 1 : aucune réaction

Zone 2 : aucun effet physiologique dangereux

Zone 3 : aucun dommage organique , mais probabilité de contractions musculaires et de difficultés respiratoires. Possibilité de risques cardiaques.

Zone 4 : risques d'arrêt du cœur, de la respiration et de brûlures graves.

APPAREILS DE PRODUCTION ET TRANSFORMATION



Générateur



Batterie de piles ou accus



Transformateur



Transformateur triphasé triangle/étoile



Transformateur de courant



Transformateur tore



Autotransformateur

APPAREILS DE MESURE

Indicateurs



Voltmètre



Ampèremètre



Wattmètre



Varmètre



Fréquencemètre

Enregistreurs



Compteur d'énergie active (wattheuremètre)



Compteur d'énergie active (varheuremètre)

CANALISATIONS



Conducteur de phase



Neutre



De protection (terre)



5 conducteurs (3 P + N + T)



Connexion borne



Connexion barrette



Croisement de 2 conducteurs avec connexion



Sans connexion



Dérivation



Boîte de jonction non enterrée

APPAREILS D'UTILISATION



Lampe d'éclairage (symbole général)



Tube à fluorescence



Moteur



Sonnerie



Résistance



Condensateur



Impédance



Eclairage de sécurité sur circuit spécial



Bloc autonome d'éclairage de sécurité

APPAREILLAGE D'INSTALLATION

Fonctions de l'appareillage

| | |
|--|--|
| | Fonction disjoncteur |
| | Fonction sectionneur |
| | Fonction interrupteur-sectionneur |
| | Fonction déclenchement automatique |
| | Contact à fermeture (contact de travail) |
| | Contact à ouverture (contact de repos) |
| | Bobines de commande |
| | Élément de protection thermique |
| | Élément de protection magnétique |

Appareillage à fonction simple

| | |
|--|---|
| | Sectionneur |
| | Interrupteur (commande) |
| | Fusible (protection contre les surintensités) |
| | Contacteur (commande) |
| | Rupteur (commande) |
| | Bouton-poussoir à fermeture et retour automatique |
| | Tirette à ouverture et retour automatique |

Appareillage à fonctions multiples

| | | | |
|--|---|--|---|
| | Fusible interrupteur | | Discontacteur |
| | Fusible sectionneur | | Interrupteur-sectionneur |
| | Fusible interrupteur-sectionneur | | Disjoncteur |
| | Fusible à percuteur | | Disjoncteur tripolaire à relais magnétothermiques |
| | Disjoncteur différentiel | | |
| | Contacteur tripolaire avec contact auxiliaire à deux directions | | |

Appareillage de protection contre les surtensions

| | |
|--|----------------------------|
| | Eclateur |
| | Eclateur double intervalle |
| | Limiteur de surtension |
| | Parafoudre |

Appareillage de connexion

| | |
|--|---------------------------|
| | Fiche de prise de courant |
| | Socle de prise de courant |
| | Fiche et prise associées |

Autres formes

| | |
|--|--------------------------|
| | Fiche mâle |
| | Prise femelle |
| | Fiche et prise associées |