

## Ch3. ENERGIE : conversion, transport, stockage

### I. TRANSPORT ET STOCKAGE DE L'ENERGIE :

#### 1) Nécessité de stocker et de transporter l'électricité :

Les énergies renouvelables (solaire photovoltaïque ou thermique, éolien) sont intermittentes. Pour qu'en 2020, l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables soit atteint dans l'Union européenne, il faut régler le problème du stockage de ces formes d'énergie. Quelles pistes sont suivies par les chercheurs ?

- Lorsque la production d'énergie est fluctuante, la nécessité d'un stockage de l'énergie s'impose : il faut en effet garantir à tout moment un équilibre entre la consommation et l'énergie disponible.

- **Pour les combustibles fossiles** (charbon, pétrole, gaz) et l'uranium, les zones de consommation sont le plus souvent très éloignées des zones de production. Cela impose des transports sur des distances souvent très importantes. Le mode de transport utilisé (bateaux, pipelines...) dépend de la ressource énergétique transportée mais aussi de la distance à parcourir. L'avantage de ces ressources, c'est qu'elles sont facilement stockables dans les zones d'utilisation.

**8000 pétroliers sillonnent les océans et transportent chaque année 1,5 à 1,9 milliards de tonnes de pétrole brut.**

- **Pour l'électricité** le problème est différent car il s'agit d'une énergie difficilement stockable à grande échelle mais est très facilement transportable. Sa distribution nécessite un réseau de câblage très complet et complexe mais surtout immense à l'échelle mondiale. L'électricité produite n'est pas stockable : elle est consommée instantanément ou est perdue.

Le stockage de l'énergie électrique n'est possible que si on la transforme en une autre énergie stockable :

- **mécanique** : barrages stockent l'énergie sous forme d'énergie potentielle de pesanteur.
- **chimique** dans les piles et les accumulateurs.



Le pipeline est un conduit qui sert au transport des produits pétroliers et du gaz naturel sur de longues distances.

#### 2) Stockage de l'électricité grâce aux piles et aux accumulateurs :

Les piles et les accumulateurs permettent la conversion de l'énergie chimique en énergie électrique.

##### a) Accumulateurs :

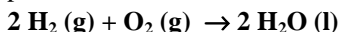
Les piles au lithium de petite taille sont très utilisées dans notre vie quotidienne pour alimenter en énergie électrique nos appareils électroniques : téléphones, ordinateurs, outillage portatif...

En revanche, la commercialisation de grosses batteries, destinées par exemple à propulser des voitures électriques, pose encore des problèmes (coût, risque d'échauffement excessif, durée de vie...). Toutefois, des véhicules roulent déjà : la Tesla, avec sa batterie de 450 kg, a une autonomie de plus de 300 km et des performances de voiture sportive.

Leur utilisation présente des avantages économiques, grâce à leur performance et particulièrement, leur longue durée de vie. Utiliser les piles au lithium rechargeables a aussi des avantages écologiques, en réduisant les déchets, ainsi que l'émission des gaz à effet de serre

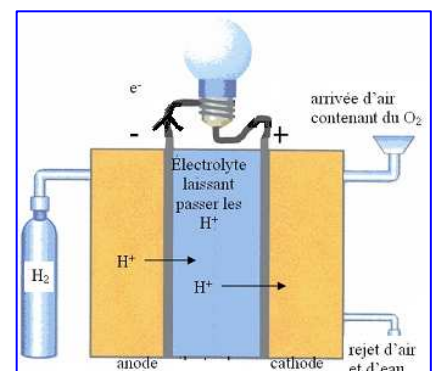
##### b) Pile à combustible : Une pile propre !

La **pile à hydrogène** est une pile à combustible utilisant le dihydrogène et le dioxygène. Il s'agit d'une combustion de dihydrogène et de dioxygène, avec production simultanée d'électricité, d'eau et de chaleur, d'équation suivante :



Pour mettre en œuvre cette réaction, on dispose de deux électrodes l'**anode** et la **cathode** séparées par un **électrolyte** (milieu bloquant le passage des électrons mais laissant circuler les ions).

Ces piles peuvent être développées pour les automobiles lorsque le problème de stockage du dihydrogène sera résolu.



### II. L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE :

#### 1) Risques liés à l'effet de serre :

Apparu dans les années 1990, le **concept d'empreinte environnementale** traduit l'impact de l'activité humaine sur les écosystèmes. Il s'agit du rejet des **gaz à effet de serre (GES)** et de la gestion des **déchets nucléaires**.

L'**effet de serre est un phénomène naturel** et nécessaire au maintien de la température moyenne de la Terre à 15°C. Néanmoins si la production des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone, CH<sub>4</sub> : méthane, N<sub>2</sub>O : protoxyde d'azote, H<sub>2</sub>O : vapeur d'eau et les gaz fluorés (gaz à effet de serre industriels comme les CFC : chlorofluorocarbures) augmente, il faudrait s'attendre probablement à un dérèglement climatique qui sera néfaste pour la planète.

Dans l'atmosphère, ces gaz piègent la chaleur émise par la Terre : « l'effet de serre » maintient en surface une température moyenne de l'ordre de 15 °C. En son absence, cette température serait de -18 °C !

Mais, depuis le début de l'ère industrielle, le taux atmosphérique de ces gaz augmente constamment : ainsi, en cent cinquante ans, la combustion des énergies fossiles et la déforestation ont entraîné une élévation du taux de dioxyde de carbone de 30 % : élévation de la température terrestre d'environ 0,6° au cours du siècle dernier. La température moyenne augmente donc elle-aussi, ce qui risque d'entraîner de profonds bouleversements climatiques.

**2) Danger des déchets radioactifs**

La production d'électricité d'origine nucléaire engendre des déchets. Ces déchets sont radioactifs pendant une durée qui peut être estimée à partir de la période (ou demi-vie) de l'élément considéré.

Après utilisation, les barreaux d'uranium 235 contiennent de nombreux déchets radioactifs (les noyaux obtenus à l'issue de la fission), ces déchets sont radioactifs c'est-à-dire qu'ils se décomposent spontanément en émettant des particules et un rayonnement  $\gamma$  (prononcez gamma) très énergétiques.

**a) Les émissions radioactives :**

Selon le type de particule émise, on parle de radioactivité  $\alpha$  (alpha),  $\beta$  (bêta) ou  $\gamma$  (dans ce dernier cas, un rayonnement très énergétique est émis). Du fait de la grande énergie des particules émises et de celle du rayonnement gamma, ces déchets sont très dangereux pour les organismes vivants.

Les rayonnements émis par les déchets radioactifs peuvent entraîner des lésions (cancer, destruction des cellules sanguines de la moelle osseuse, brûlures...).

**Quelques propriétés de particules radioactives :**

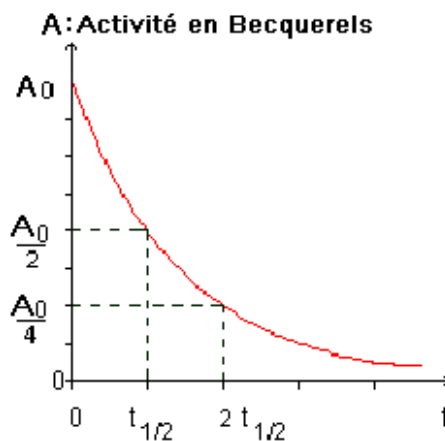
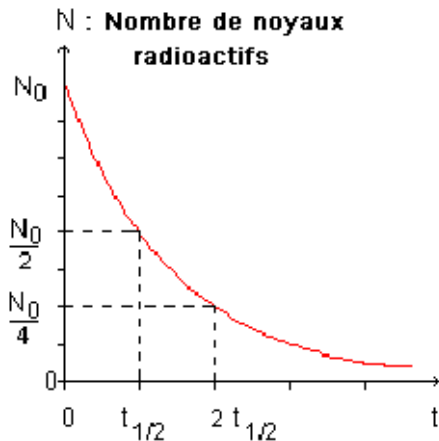
- les particules  $\alpha$  (noyaux d'hélium) ont un pouvoir de pénétration dans la matière est faible (une feuille de papier ou 5 cm d'air peut les arrêter) ;
- les particules  $\beta^-$  (électrons) et  $\beta^+$  (positons) peuvent être arrêtés par une feuille d'aluminium;
- les rayons  $\gamma$  sont des rayonnements électromagnétiques très énergétiques donc très pénétrants. Un écran en plomb d'une épaisseur de 5 cm arrête environ 90 % de ce rayonnement. Il faut 20 cm de plomb pour les arrêter totalement.

Les déchets peuvent être retraités pour en retirer l'uranium 235 qui n'a pas réagi, mais de toute façon, les déchets ultimes doivent finalement être stockés de façon à éviter toute contamination radioactive et ce problème du stockage des déchets est l'une des difficultés importantes rencontrées dans l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

**b) Durée de vie des déchets radioactifs :**

La durée pendant laquelle les déchets sont radioactifs peut varier en fonction de la période radioactive des radioéléments qu'ils contiennent. Cette période définit leur durée de vie.

Par exemple, l'iode 131, qui est un produit de fission de l'uranium 235, se désintègre en émettant notamment un rayonnement  $\gamma$  :



**Courbe de décroissance radioactive :**

Ce graphique permet de constater que le nombre initial de noyaux radioactifs  $N_0$  diminue de moitié ( $N_0/2$ ) après une période radioactive  $T$  (appelée aussi temps de demi-vie  $t_{1/2}$ ).

Au bout d'une deuxième période radioactive ( $2.T$ ), le nombre de noyaux sera à nouveau diminué de moitié :  $N_0 / 4$

L'unité de mesure de la radioactivité est le becquerel (Bq). Au bout d'une période  $T$ , l'activité a diminué de moitié.

**1 Bq = 1 désintégration par seconde.** La période radioactive est de 8 jours pour l'iode 131.

Au fur et à mesure que les noyaux se transforment par désintégration, l'activité de l'élément (nombre de désintégrations par unité de temps) diminue.

L'électricité d'origine nucléaire engendre des déchets radioactifs.

- Les déchets à vie courte : 90 % des déchets radioactifs produits en France (activité presque nulle pour  $t < 300$ ans) sont stockés dans des fûts en acier ou en béton.
- Les déchets à vie longue : 10 % du volume (activité presque nulle pour  $t >$  milliers d'années) ou ceux de haute activité sont coulés dans du bitume ou du verre.

Nucléide	Période T
Rubidium 87	49 milliards d'années
Uranium 238	4,5 milliards d'années
Potassium 40	1,3 milliard d'années
Carbone 14	5 730 ans
Césium 137	30 ans
Iode 131	8 jours
Radon 222	3,82 jours
Radon 220	55 s
Polonium 214	$1,6 \cdot 10^{-4}$ s

**Les déchets radioactifs perdent leurs activités au cours du temps par décroissance radioactive. Il faut se rendre à l'évidence que le problème des déchets reste toujours posé !**