

1 Electric circuits

1.1 Electric current

An ammeter is a meter designed to measure the electric current. The unit we use to measure the current is the Figure 1 below shows an electric circuit consisting of a torch lamp connected to a battery, a switch and an ammeter.

We say the components are in because the same amount of charge flows through each circuit component every second. The ammeter therefore measures the current in the torch lamp.

The direction of the current round an electric circuit is always shown on a circuit diagram from the \oplus terminal of the battery to the \ominus terminal, as in figure 1.

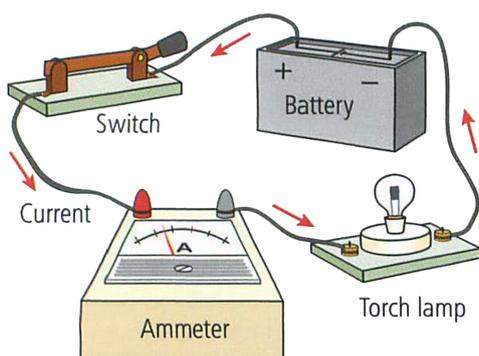


FIG. 1 – Using an ammeter.

1.2 Batteries

Calculators, digital watches, cameras, radios and cassette recorders all use They are used in cars, hearing aids, torches, toys and many other items. Batteries vary in size from the tiny batteries used in digital watches to heavy-duty car batteries.



FIG. 2 – Different types of batteries.

A chemical cell transforms into This happens because substances inside the cell react with each other. Figure 2 above shows a non-rechargeable and rechargeable cells of different types.

1.3 Electromotive Force

When a cell is in a circuit, charge is forced to flow round the circuit by the cell. This flow of charge transfers energy from the cell to the circuit components. In a chemical cell, this process continues until one of the substances in the cell has all reacted.

The **electromotive force** (or 'emf') of a cell or a battery measured in **volts (V)** is a measure of how much 'push' cell or battery can provide to force charge round the circuit. The greater the emf, the more energy the cell can deliver for every electron that passes through it.

The emf of a cell, sometimes referred to as its, depends on the substances in the cell. Batteries and cells are usually marked clearly in volts. For any given battery-operated device, the battery in it must be of the correct voltage. If the battery emf is too low, the device is unlikely to work. If the battery emf is too high, the device is likely to be damaged.

1.4 Measuring the emf of a battery

The emf of a cell or battery can be measured using a, as shown in figure 3.

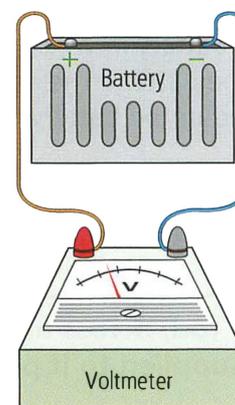


FIG. 3 – Measuring the emf of a battery.

The voltmeter must be connected to its \oplus terminal is connected to the \oplus terminal of the battery and its \ominus terminal is connected to the \ominus terminal of the battery.

1.5 Voltage

Figure 4 shows a lamp, a variable resistor and a battery connected in series. Charge from the battery has the potential to deliver energy to the circuit components. When it flows round the circuit, it transfers energy from the battery to the lamp and the variable resistor.

In figure 4, a voltmeter is connected across the lamp. We say it is in with the lamp. A voltmeter can be connected to **any two points** in a circuit. Its reading gives the **potential difference** (abbreviated to 'pd' and sometimes referred to as 'voltage') between those two points.

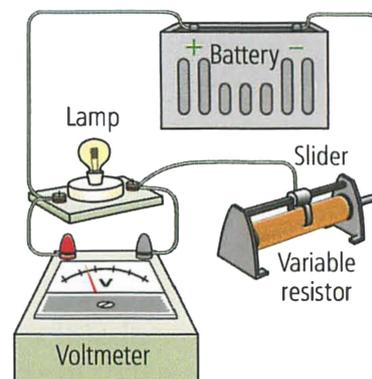


FIG. 4 – How to connect a voltmeter.

2 Étude expérimentale de piles d'oxydoréduction

2.1 La pile Daniell

La pile Daniell a été inventée par le chimiste britannique John DANIELL en 1836 au moment où le développement du télégraphe faisait apparaître un besoin urgent de sources de courant sûres et constantes.

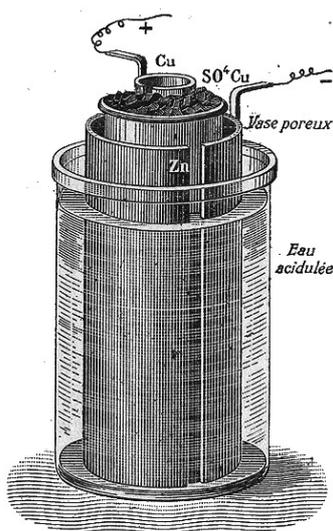


FIG. 5 – Élément Daniell.

La pile électrique Daniell est constituée d'une anode (lame de zinc plongée dans une solution contenant du sulfate de zinc) et d'une cathode (lame de cuivre plongée dans une solution contenant du sulfate de cuivre).

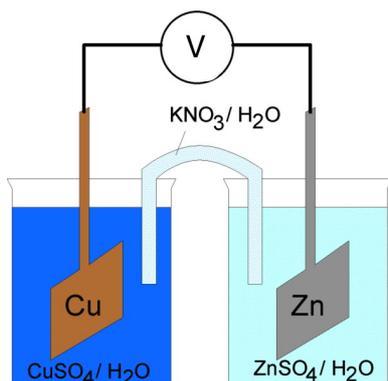


FIG. 6 – Montage expérimental.

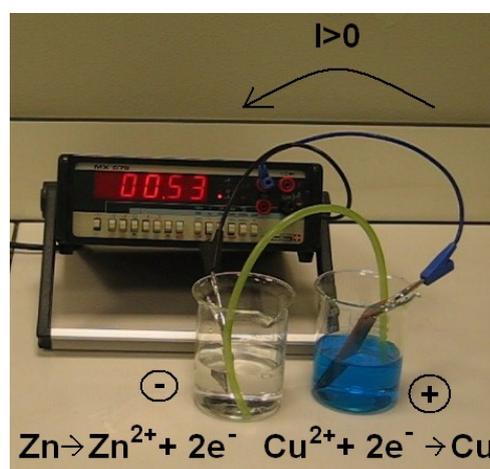


FIG. 7 – Photographie et réactions aux électrodes.

Les deux solutions sont reliées par un pont salin (solution de chlorure de potassium $K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ ou de nitrate de potassium $K^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$ qui sert à équilibrer les charges.

2.2 Fabrication d'une pile, mesure de l'intensité débitée

- Décaper les lames.
- Introduire chaque lame, seule, dans sa solution d'ions correspondante :
 - lame de dans la solution de sulfate de zinc ;
 - lame de dans la solution de sulfate de cuivre.

On a ainsi réalisé des -..... . Dans chaque demi-pile, la partie métallique constitue une électrode.

- Relier les demi-piles cuivre et zinc par un pont salin, constitué par un tube en U rempli d'un gel au sein duquel des ions (en général potassium K^+ et nitrate NO^-_3) peuvent migrer pour assurer le transport des charges.

On peut aussi réaliser le pont salin simplement par une bande de papier-filtre imbibée d'une solution de nitrate de potassium, par exemple. On a ainsi réalisé une !

- Brancher directement la pile précédente aux bornes d'un voltmètre.
- Noter la tension (appelée *force électromotrice* ou f.é.m.) et le sens.

.....

2.3 Étude d'autres piles

- Tester les différentes combinaisons possibles entre les différentes demi-piles. À chaque fois, noter la f.é.m. et le sens de cette tension.

.....

2.4 Chaîne énergétique d'une pile

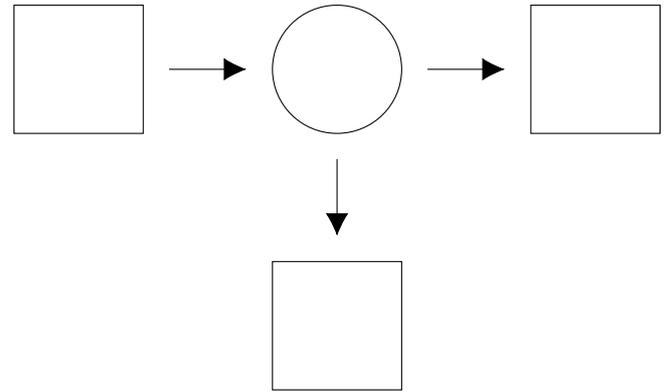


FIG. 8 – Chaîne énergétique d'une pile.

3 Comment optimiser et gérer notre utilisation de l'énergie électrique ?

3.1 Le stockage de l'électricité

Le stockage de l'énergie électrique n'est pas possible : il faut la transformer en une énergie différente (mécanique, électrochimique...) stockable, puis opérer une seconde transformation pour la convertir à nouveau sous sa forme initiale. Quelles sont les technologies qui permettent ce stockage ?

3.2 Les accumulateurs

Les accumulateurs sont des « piles ».

La technologie des accumulateurs « Lithium ion » actuellement utilisés dans les téléphones portables, les ordinateurs et le petit électroménager, a été conçue pour la jeep lunaire des missions « Apollo » voilà cinquante ans.

La densité d'énergie de ces accumulateurs de nouvelle génération peut atteindre $300 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$, à comparer aux

$50 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ des accumulateurs au plomb des voitures (les « batteries », car ce sont six éléments de 2 V mis en série pour donner 12 V).

Nota bene : densité d'énergie du pétrole brut : $12 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$!



FIG. 9 – La jeep lunaire d'Apollo 11.

3.3 Les piles à combustible

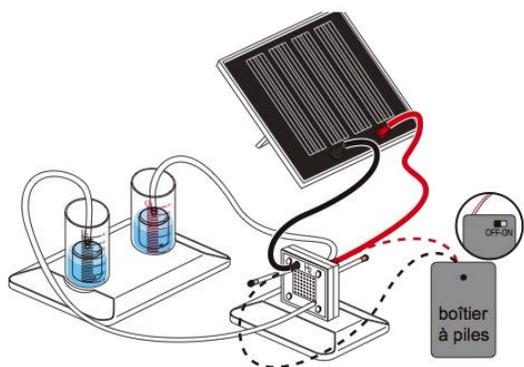


FIG. 10 – Charge de la pile à combustible.

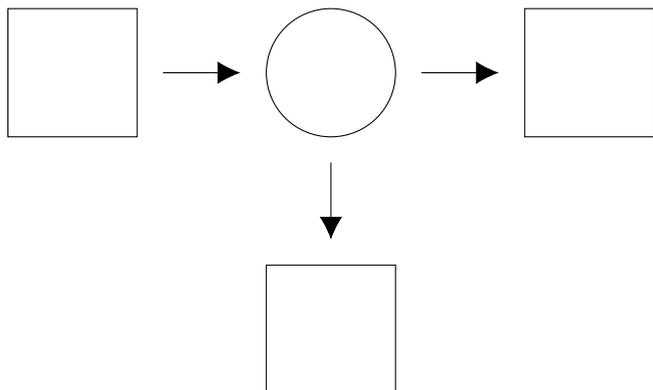


FIG. 11 – Lors de la charge.

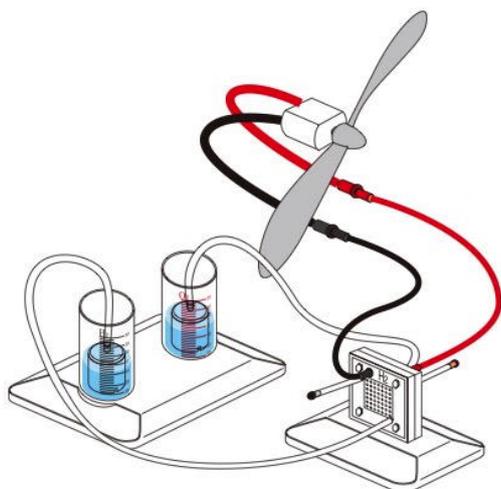


FIG. 12 – Décharge de la pile à combustible.

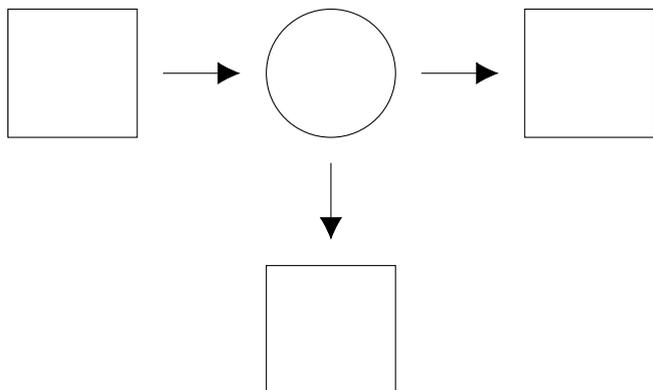
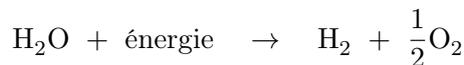
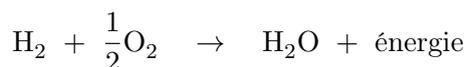


FIG. 13 – Lors de la décharge.

Lorsqu'elle se recharge, par électrolyse de l'eau, la pile à combustible convertit de l'énergie en énergie Pour cette recharge, une source « intermittente » comme l'énergie solaire peut être utilisée. La réaction lors de la charge est :



Lorsqu'elle se décharge, la pile à combustible convertit de l'énergie en énergie Le combustible peut être du dihydrogène, qui réagit avec le dioxygène de l'air (en présence d'un catalyseur comme le platine). La réaction lors de la décharge est :



Ainsi on remarque qu'un accumulateur est, contrairement à une simple pile, qu'il faut recycler une fois déchargée.

Le développement des piles à combustible pour les automobiles passe par la maîtrise du du dihydrogène.

3.4 Les lacs et les barrages

Les lacs et barrages permettent aussi de de l'énergie. Ce sont les STEP, Stations de Transfer d'Énergie par Pompage, des dispositifs de stockage massifs.

Voici (page suivante) l'exemple du barrage de Grand-Maison, qui comporte un bassin supérieur à 1700 m d'altitude, et un lac inférieur à 770 m d'altitude. Cette centrale électrique a une puissance de 1800 MW. Elle peut fonctionner de deux façons :

- d'électricité en turbinant normalement l'eau provenant de l'amont ;
- d'énergie en inversant le fonctionnement des turbines et en pompant l'eau de l'aval vers la retenue en amont.

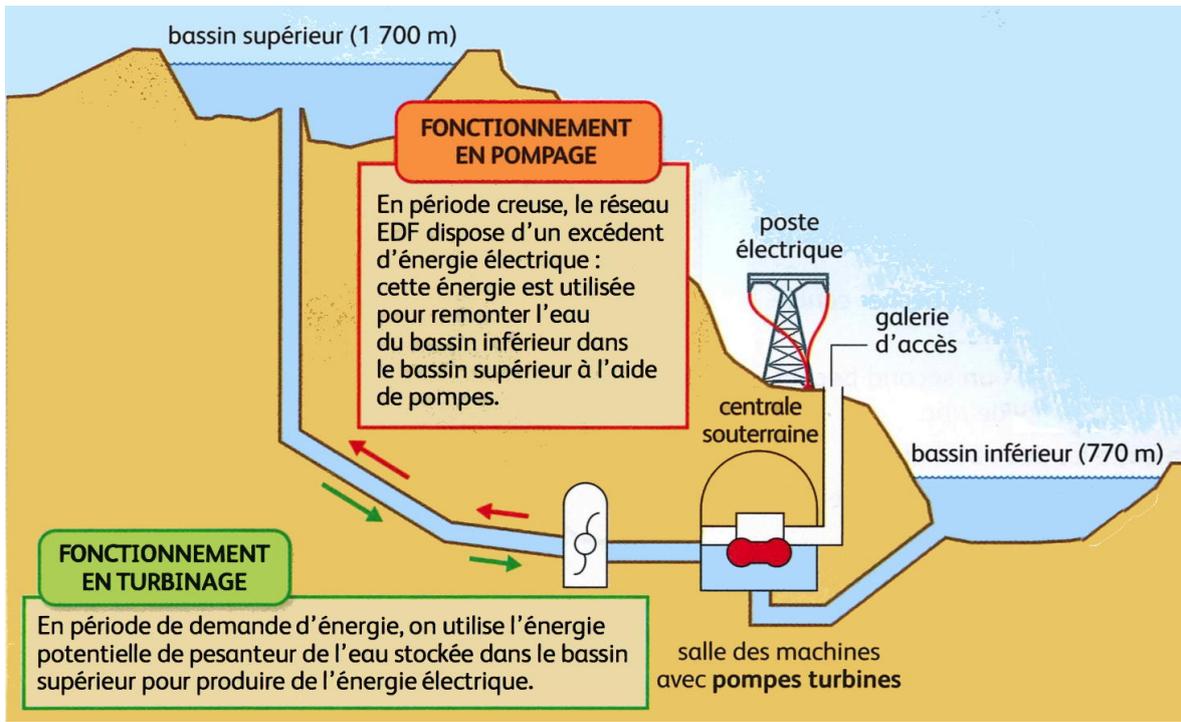


FIG. 14 – Schéma de principe du barrage de Grand-Maison.

3.5 Les supercondensateurs

- Un condensateur est formé de deux plaques de très grandes surfaces, séparées par un isolant très mince, le tout étant enroulé pour occuper moins de place.
- Ce composant (relativement courant dans les appareils électriques) permet de des charges électriques sans aucune réaction chimique et quasiment sans aucune perte. En revanche il est difficile d'emmagasiner des grandes quantités d'énergie par ce moyen.
- Il s'agit d'un stockage purement *électrique* : les charges \oplus et \ominus sont simplement placées sur les plaques en regard l'une de l'autre en branchant le condensateur sur une source de courant : c'est la
Voici un schéma de principe du composant :

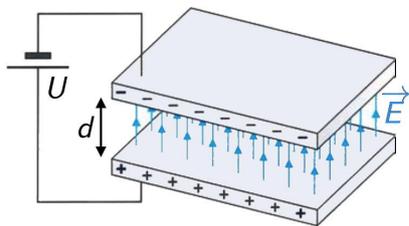


FIG. 15 – Condensateur chargé sous une tension constante. Il règne un champ électrique \vec{E} entre les plaques, mais les charges \oplus et \ominus restent sur les plaques tant que l'isolant (entre les plaques) tient le coup.

- Tant que l'on ne branche pas le condensateur à un circuit extérieur, cette charge peut être conservée assez longtemps. Elle peut être délivrée

très rapidement à un circuit extérieur lors de la : on peut atteindre une puissance , entre $1000 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ et $5000 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$!



FIG. 16 – Condensateur utilisé dans les montages électriques.

- Beaucoup de dispositifs d'utilisation courante peuvent utiliser des condensateurs : flash des appareils photos, tubes fluorescents (« néons »), sauvegarde de l'alimentation le temps de changer les piles dans vos calculatrices... Ces condensateurs sont capables de délivrer des courants de l'ordre de quelques milliampères pendant quelques secondes ou quelques

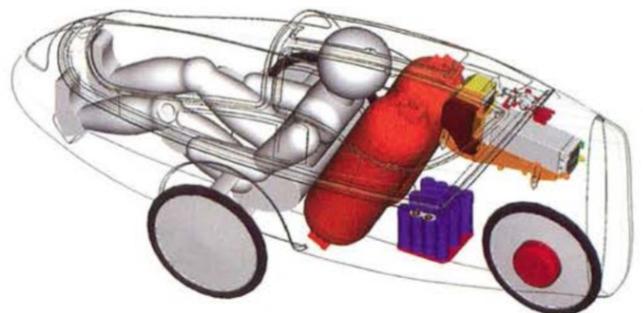


FIG. 17 – La Hysun 3000, prototype de voiture avec pile à combustible complétée par des supercondensateurs.

- Une idée actuellement au stade de test consiste à utiliser des « » pour aider au démarrage d'un véhicule électrique.

Par exemple, une pile à combustible de 20 kW est suffisante pour faire rouler un véhicule électrique mais insuffisante pour permettre au véhicule d'avoir des performances correctes dans les phases de démarrage et d'insertion dans une file du trafic.

C'est là que les supercondensateurs prennent le relais, en l'énergie électrique pendant les phases de freinage ou de mouvement uniforme, pour la dans les phases d'accélération.

3.6 Stocker permet de gérer les pics de demande d'électricité

Voici en figure 18 une courbe représentant la puissance électrique consommée en France lors d'une journée ensoleillée en hiver.

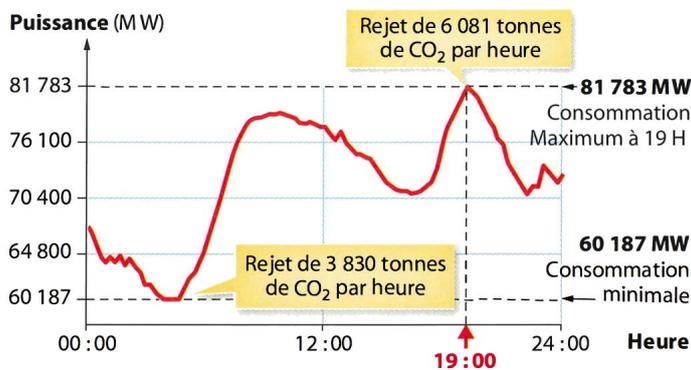


FIG. 18 – Évolution de la puissance consommée sur une journée.

Sur le réseau électrique, production et consommation doivent être à tout instant, pour éviter les délestages (ruptures d'alimentation). Les centrales prioritairement utilisées pour répondre à la demande sont celles dont le coût de fonctionnement est le plus faible.

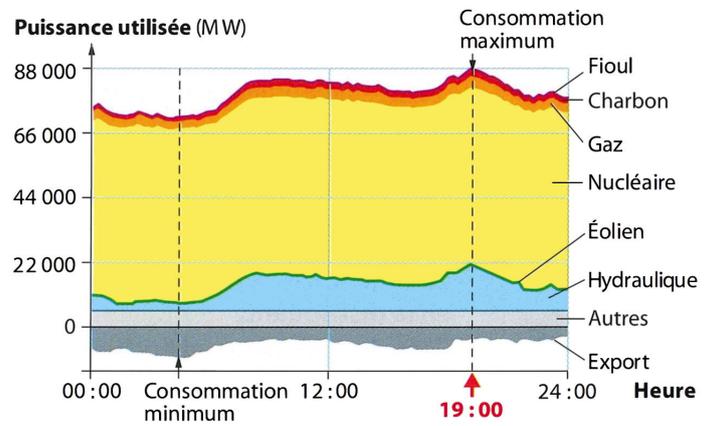


FIG. 19 – Puissance produite par filière, sur une journée.

Ainsi, stocker l'énergie permet de diversifier le bouquet énergétique en aidant à s'intégrer les , tout en diminuant l'utilisation des

3.7 Les inconvénients d'un stockage de l'électricité

Toutes ces technologies de stockage présentent des : leur coût, éventuellement leur faible capacité de stockage (accumulateurs) ou leur empreinte au sol (STEP), leur aspect polluant (acides et plomb dans les accumulateurs), etc.

Les domaines d'utilisation de chacune des technologies actuellement techniquement maîtrisées sont indiqués sur la figure ci-dessus, représentant la puissance qui peut être délivrée en fonction de l'énergie stockée (chaque échelle étant par unité de masse de stockage).

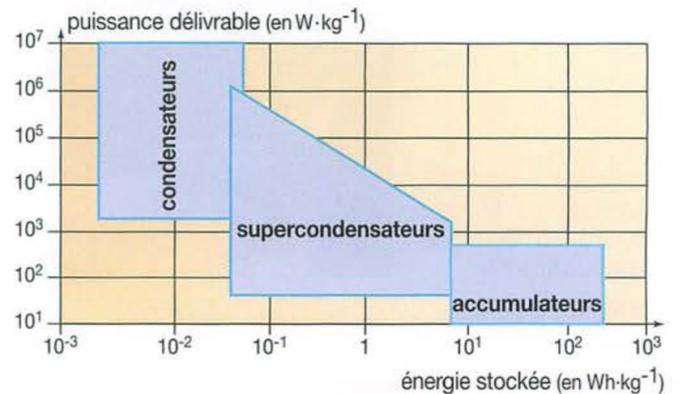


FIG. 20 – Domaines d'utilisation des solutions de stockage de l'électricité.

4. Quelles sont les conséquences écologiques de notre consommation d'énergie ?

Apparu au début des années 1970, le concept d'empreinte environnementale traduit l'impact de l'activité humaine sur les écosystèmes. Parmi tous les impacts, celui de l'accroissement énorme de la quantité de à de (GES en abrégé) rejetés dans l'atmosphère est l'un des plus préoccupants.

Le phénomène d'effet de serre est et permet la vie sur Terre! Sans cet effet, la température moyenne de la Terre serait de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le problème est dans l'emballement de cet effet, en raison des rejets *anthropiques* !

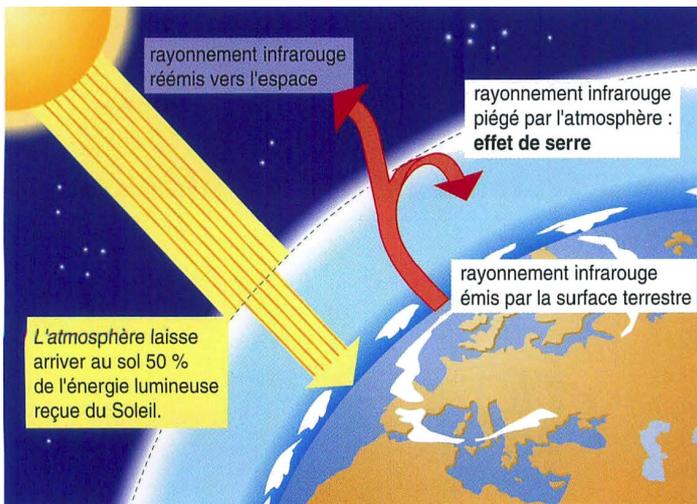


FIG. 21 – L'effet de serre correspond au piégeage des rayons infrarouges émis par le sol.

L'atmosphère laisse pénétrer 50 % de l'énergie lumineuse reçue du Soleil. Le sol terrestre ainsi chauffé émet à son tour des rayonnements qui sont partiellement piégés par l'atmosphère, à la façon d'une vitre dans une serre horticole (d'où le nom de l'effet en question).

L'émission de dioxyde de carbone d'origine anthropique (= produits par l'homme) a plusieurs sources qui sont indiquées sur la figure ci-dessous, en fonction des années.

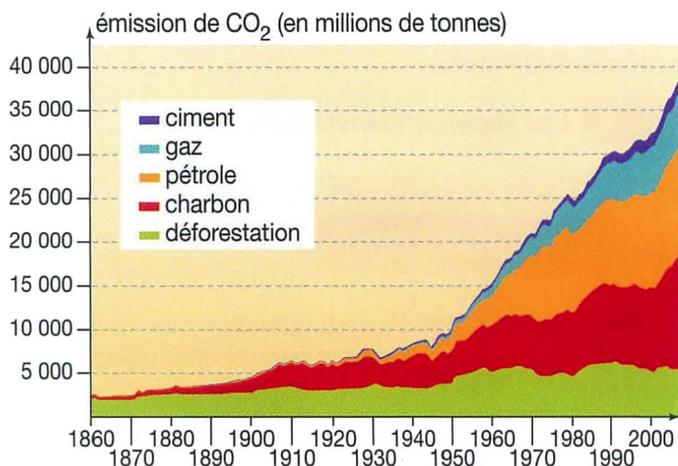


FIG. 22 – Évolution et origine des émissions mondiales de CO_2 de 1860 à 2008, en millions de tonnes.

Les différents GES (= gaz à effet de serre) sont émis par différents secteurs de l'activité humaine, indiqués sur la figure suivante.

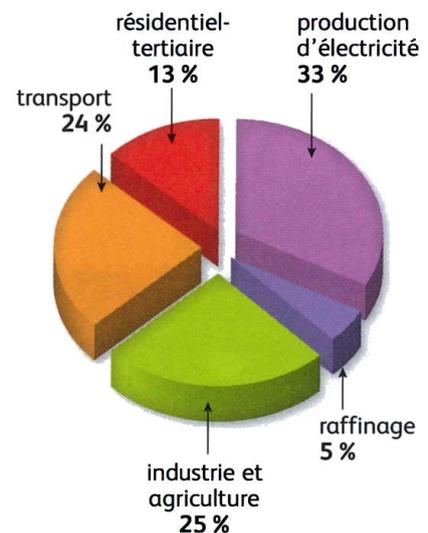


FIG. 23 – Origine anthropique des GES.

De plus, tous les gaz à effet de serre ne se pas! Certains ont un effet quintuple par rapport à d'autres. Les principaux gaz à effet de serre sont :

- le de
- CO_2 ;
- le CH_4 ;
- l'..... H_2O ;
- N_2O ;
- l'ozone O_3 ;
- les CFC (chlorofluorocarbones) ;
- ...

Les gaz à effet de serre sont responsables du phénomène de climatique, un changement du climat extrêmement rapide par rapport à la normale.

Le climat terrestre change constamment, en raison des variations d'activité solaire et surtout en raison des variations d'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'écliptique, mais ces changements se font d'ordinaire à l'échelle des temps géologiques.

Pour l'instant on estime que la température moyenne terrestre devrait augmenter de 4 à 5 $^{\circ}\text{C}$ d'ici à 2050. Cela semble faible, mais en pratique les modifications du climat pourraient être assez sensibles.

5. Correction des exercices (donnés lors de la séance n°9)

9.1 N° 1 p. 178 – Qui suis-je ?

- a. Un accumulateur.
- b. Un fil électrique (= une ligne haute tension).
- c. L'effet de serre.
- d. Le dioxyde de carbone CO₂.

9.2 N° 2 p. 178 – QCM

- 1. a, c et d.
- 2. a et c.
- 3. a, b et d.
- 4. b.

9.3 Les déchets radioactifs

- a. On base le classement sur l'activité massique du déchet (premier

critère) et sa durée de vie (basée sur sa demi-vie ou période, deuxième critère).

- b. L'uranium est un déchet à longue vie (période > 31 ans) et à faible activité (au dessus de 100 Bq/g mais en dessous de 10⁵ Bq/g). Il est stocké en faible profondeur.

6. Exercices (pour la séance n°11)

10.1 Art et Science – La datation des peintures de Lascaux.

10.2 N° 1 p. 182 – Produire de l'hydrogène.

10.3 N° 2 p. 182 – Scénarios énergétiques.