



## Energie

- Le mot ENERGIE ... désigne dans la langue française élan, vitalité, puissance, vigueur, endurance, force, punch ...
  - Pour Aristote l'énergie (mot issu du grec ancien) c'est la force en action (passage d'une espèce de potentialité en actes).
  - Bernoulli définit l'énergie au 18<sup>ème</sup> siècle comme le "produit de la force exercée sur un corps par le déplacement infinitésimal de ce corps" c'est ce que l'on appelle aujourd'hui le travail mécanique.
  - Au 19<sup>ème</sup> siècle le concept de l'énergie est clarifié d'abord avec l'arrivée de la thermodynamique puis par Max Planck avec la découverte des quanta de lumière (quantification des sources d'énergie entre la lumière et la matière - matière et énergie rayonnante ont une structure discontinue) ; pour Planck l'énergie est par définition une grandeur qui se conserve c'est-à-dire que l'énergie est la même à l'issue du processus comme au démarrage du processus ; la seule chose que l'on puisse faire avec de l'énergie c'est : -soit la transférer d'un système où elle est déjà présente vers un autre système - soit modifier la nature même de cette énergie (comme par exemple transformer de l'énergie thermique en électricité, de l'électricité en énergie mécanique etc. ...) et donc le propre de l'énergie est d'être une grandeur nomade dont la quantité se conserve.
- L'Allemand Hermann von Helmholtz continua de clarifier le concept de l'énergie en insistant fortement sur le fait de bien distinguer la force de l'énergie de la puissance (dans son ouvrage "Bewahrung der Kraft" ou conservation de la force). Dans son livre "l'Énergie se Conserve" Planck conclut le travail de Helmholtz en actant que c'est bien l'énergie qui se conserve et non pas la puissance ou la force; la puissance mesure le rythme auquel l'énergie est délivrée, c'est toujours le produit d'un effort (force, tension, couple ...) par un flux (vitesse, intensité, vitesse angulaire...); il y a encore souvent confusion entre énergie et puissance : ainsi lorsqu'on demande quel est le corps qui symbolise le mieux l'énergie la réponse est habituellement le TNT or 1 Kg de TNT contient 10 fois moins d'énergie qu'un Kg de pétrole; la différence entre les deux est la puissance à laquelle cette énergie est libérée : le TNT libère son énergie très rapidement lorsqu'il explose (puissance élevée et énergie moindre) alors que le pétrole lorsqu'il brûle libère son énergie lentement d'où la puissance faible qui lui est associée.



■ Au début du 20<sup>ème</sup> siècle (1918) le théorème de la mathématicienne Emmy Noether qui change la conception qu'on se fait de l'énergie est saluée par Einstein lui-même : ce théorème dit que les lois physiques ayant

un paramètre temps  $t$  ne dépendent pas du temps ; autrement dit la loi physique que l'on écrit a une valeur de vérité qui ne dépend pas de l'instant ou du moment ou de la journée ou de l'époque à laquelle on applique cette loi, ce qui signifie que les lois physiques sont les mêmes à tous les instants du temps ( en terme jargoné le théorème s'annonce : "les lois physiques sont invariantes par translation du temps") ; cette "invariance des lois physiques par translation du temps implique la conservation de l'énergie"; la conséquence (lois physiques ne changeant pas en cours du temps) c'est que nul n'a jamais produit de l'énergie (ce qui sous-entendrait que l'on puisse la créer à partir de rien !) puisqu'elle se conserve et que pour avoir de l'énergie il faut déjà en avoir pour, soit en changer la nature, soit la transférer d'un système vers un autre système ; l'autre leçon c'est qu'on ne peut pas non plus consommer de l'énergie (le pétrole dans la voiture se transforme en énergie thermique, mécanique, électrique, de frottement ... et il y a autant d'énergie à la fin qu'au début : à partir du pétrole, énergie bien organisée, il y a eu "dégradation" de l'énergie en chaleur ... sa capacité à être transformée s'est amoindrie et la quantité d'énergie est restée la même); quand on dit qu'on a consommé de l'énergie, en fait on devrait dire qu'on a produit de l'entropie ; l'entropie, fonction clef de cette histoire, est une grandeur qui mesure la capacité qu'a un système à évoluer spontanément, plus l'entropie d'un système est basse plus il a tendance à évoluer spontanément, au contraire si le système a une entropie qui est élevée sachant que l'entropie ne peut que croître elle ne pourra pas beaucoup changer de sorte que le système aura peu de chance d'évoluer spontanément, donc consommer de l'énergie c'est produire de l'entropie c'est-à-dire passer d'une forme où l'énergie est très organisée à une forme où l'énergie est moins organisée sans changer la quantité totale d'énergie dont le système a pu disposer.

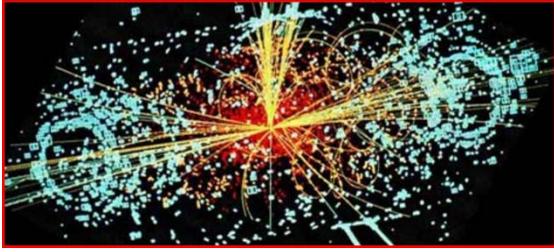
energy | mass | speed of light

$$E = mc^2$$

J | kg | 299,792,458 m/s

■ Quand on parle d'énergie on peut également ajouter qu'il n'y a pas d'énergie renouvelable ; parler d'énergie renouvelable est un abus de langage car ce qui est renouvelable c'est le processus physique à partir duquel on va extraire de l'énergie (la lumière qui vient du soleil, le vent qui fait tourner les pales d'une éolienne ...) ; la source d'énergie, elle, n'est pas renouvelable au sens où dès qu'on l'a dégradée (consommer de l'énergie ou produire de l'entropie) on ne peut pas revenir en arrière et le mot renouvelable devrait être davantage précisé .

■ Découverte d'Einstein en 1905 : il a trouvé la véritable signification de sa fameuse formule  $E = m.c^2$  ; il émet l'hypothèse que lorsqu'on dispose d'un corps que l'on chauffe celui-ci émet de la lumière c-à-d des ondes électromagnétiques qui n'ont pas de masse ; si la température du corps est faible, la lumière émise par ce corps sera de la lumière infra rouge lumière n'ayant pas de masse, donc de manière intuitive ce corps perd de l'énergie sous forme de lumière sans perdre de masse ; mais en appliquant ses principes de la relativité Einstein montre que cette conclusion est fautive : c-à-d si le corps perd de l'énergie, même si l'énergie est sous la forme de lumière sans masse, il va perdre quand même de la masse du seul fait qu'il perd de l'énergie ; même si les particules émises par ce corps sont sans masse le corps perd de la masse du seul fait qu'il perd de l'énergie ; la formule montre que la quantité de masse perdue par le corps est égale à l'énergie qui est perdue divisée par le carré de la vitesse de la lumière ; la grande force d'Einstein c'est de dire que si la forme sous laquelle le corps perd de l'énergie n'est pas de la lumière, par exemple de la radioactivité par laquelle un noyau va émettre un électron, et bien ce sera quand même  $E = m.c^2$  qui sera la formule permettant de comprendre le bilan énergétique du processus ; autrement dit même s'il n'y a pas de lumière mise en jeu dans le processus par lequel un corps perd de l'énergie on retrouvera quand même la vitesse de la lumière dans la formule qui décrit le processus ce qui veut dire que la vitesse de la lumière change de statut, elle n'est plus seulement la vitesse d'un phénomène physique particulier qu'on appelle la lumière, elle devient une constante fondamentale de la physique qui intervient dans tous les processus par lesquels un corps peut perdre de l'énergie y compris les processus non lumineux.



Autre leçon de cette formule c'est que tout corps possède de l'énergie du seul fait qu'il possède de la masse, même s'il est immobile il aura de l'énergie du seul fait qu'il est massif; en faisant le calcul on se rend compte que dans n'importe quel gramme de matière (multiplié par le carré de la lumière en m/s) l'énergie présente est colossale bien supérieure à la totalité de l'énergie que nous absorbons en une journée entière pour alimenter notre métabolisme ; question que l'on peut se poser : d'où vient le fait que nous devons manger autant, à chaque repas environ 1 kg de nourriture, alors que la puissante explosion de la bombe d'Hiroshima a transformé simplement 1 gramme de matière fissile ? Comment se fait-il que nous mangeons autant et que cette énergie nous traverse sans nous faire exploser ...!? La formule d'Einstein a d'autres conséquences : elle peut être lue dans les deux sens ; nous avons vu le cas où partant de la matière celle-ci contient de l'énergie, il y a des situations où on peut lire la formule comme partant de l'énergie celle-ci peut devenir de la matière, par exemple quand on fait entrer en collision des particules haute énergie dans un accélérateur de particules on transforme l'énergie cinétique des particules en de nouvelles particules ; ainsi une propriété d'objets (vitesse de particules) se transforme elle-même en objet (particule) ; c'est aussi étonnant que si on disait que la hauteur de la tour Montparnasse qui est une propriété de la tour Montparnasse pourrait se transformer en tour Eiffel ou que si on disait que la vitesse d'un scooter peut devenir un vélo ou une trottinette : la propriété d'un objet (ici la vitesse) peut devenir un autre objet ...

■ Etienne Klein physicien et philosophe des sciences français nous "livre" la réflexion suivante : "la loi de la conservation de l'énergie a une signification qui dépasse largement sa formulation habituelle : elle exprime rien de moins que la pérennité des lois physiques, c'est-à-dire leur invariance au cours du temps. Sous sa coupe, le temps devient le gardien de la mémoire du monde physique et le support même de son avenir." ....