

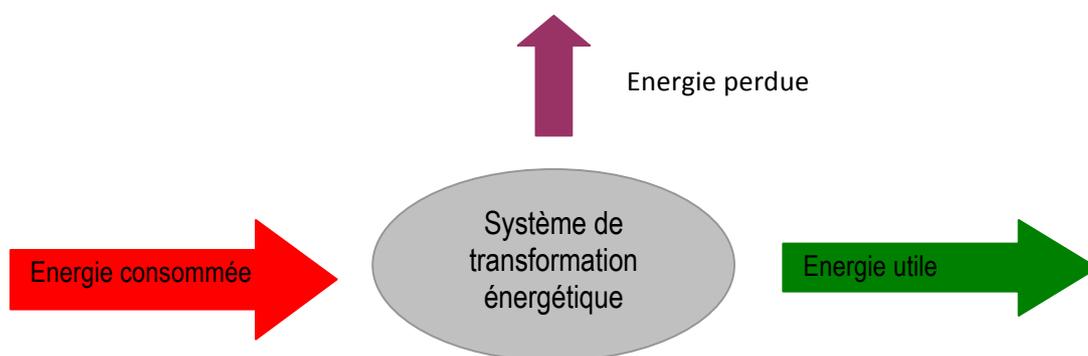
## L'énergie se transforme et se conserve, mais pas toujours de façon utile ...

D'un point de vue physique, l'énergie ne disparaît ni n'apparaît spontanément. Les systèmes énergétiques ne font que transformer l'énergie d'une forme à une autre.

Dans une centrale hydro-électrique par exemple, l'énergie potentielle de l'eau du réservoir en altitude se transforme en énergie cinétique de l'eau au pied du barrage, puis en énergie cinétique de rotation du groupe turbo-alternateur et enfin en énergie électrique. En réalité, dans chaque étape de transformation, il y a quelques pertes. Mais d'un point de vue physique, ces pertes n'en sont pas car elles se traduisent en énergie calorifique dégagée dans l'environnement.

Autre exemple, une chaudière à gaz transforme l'énergie potentielle thermique du gaz naturel (son « pouvoir calorifique ») en énergie thermique de l'eau qu'on veut chauffer, ce qui se manifeste par une hausse de sa température ou son ébullition. Là encore, il y aura une perte d'utilité à défaut d'une perte physique : une petite partie de la chaleur de combustion ne va pas se transmettre à l'eau mais passer directement dans l'air ambiant, notamment via les fumées de la chaudière.

C'est ainsi qu'on parle de « rendement de conversion ». Quand un système produit de l'énergie sous une certaine forme, il en consomme sous une autre, mais il y a toujours une partie de cette consommation qui est évacuée sous forme de chaleur dans l'environnement. Cela résulte des frottements des organes mobiles, des fuites de fluides pouvant se produire, etc. Le rendement est le rapport de l'énergie produite sous forme utile à l'énergie consommée. Il s'exprime en pourcents et son complément à 100% représente la perte d'énergie dégagée dans l'environnement.



$$\text{RENDEMENT} = \frac{\text{ÉNERGIE UTILE}}{\text{ÉNERGIE CONSOMMÉE}}$$

# Les enjeux de l'ÉNERGIE

Cela étant la notion de rendement mérite d'être explicitée lorsqu'un système énergétique transforme de la chaleur en toute autre forme d'énergie. C'est le cas par exemple des centrales électriques thermiques, qu'elles soient à combustible fossile ou nucléaire : elles transforment le pouvoir calorifique ou de rayonnement d'un combustible en énergie thermique de vapeur d'eau sous pression, puis en énergie cinétique de rotation du groupe turbo-alternateur, et enfin en énergie électrique.

Le rendement de la centrale est représenté par le rapport de l'énergie électrique produite durant un certain temps (l'énergie utile) à l'énergie consommée sous forme de combustible. Celui-ci a en général une valeur faible, souvent de l'ordre de 30 à 40%, comparé au rendement d'une centrale hydro-électrique, d'une chaudière ou d'un moteur électrique, qui est souvent de l'ordre de 80 à 90%.

En effet, dans les transformations successives s'opérant dans une centrale thermique, les pertes sont de 2 natures bien différentes :

- comme dans les exemples précédents, il y a les pertes dues aux frottements des pièces mécaniques en mouvement ou aux dégagements de fumées dans l'atmosphère. Mais elles ne sont pas la cause principale de la faiblesse du rendement global
- la perte essentielle d'énergie utile provient de la « source froide » de la centrale, qui est l'eau d'une rivière, de la mer ou l'atmosphère lorsqu'elle comporte un aéro-réfrigérant. Sans source froide, il est physiquement impossible de transformer de façon permanente de l'énergie thermique en toute autre forme d'énergie. Il en résulte qu'il est impossible de transformer l'intégralité d'une quantité d'énergie thermique en toute autre forme d'énergie, quand bien même toutes les pertes liées aux imperfections des chaudières et machines auraient été annulées par des prouesses techniques inimaginables<sup>1</sup>. Pour transformer de l'énergie thermique en toute autre forme d'énergie, il faut obligatoirement rejeter une partie de celle-ci dans l'environnement, via la source froide. La proportion minimale de ce rejet est donné par la loi de Carnot et est égale au rapport entre les températures absolues de la source froide et de la source chaude, où s'effectue la combustion (la température absolue et égale à la température courante majorée de 273°C, le zéro absolu étant de -273°C).

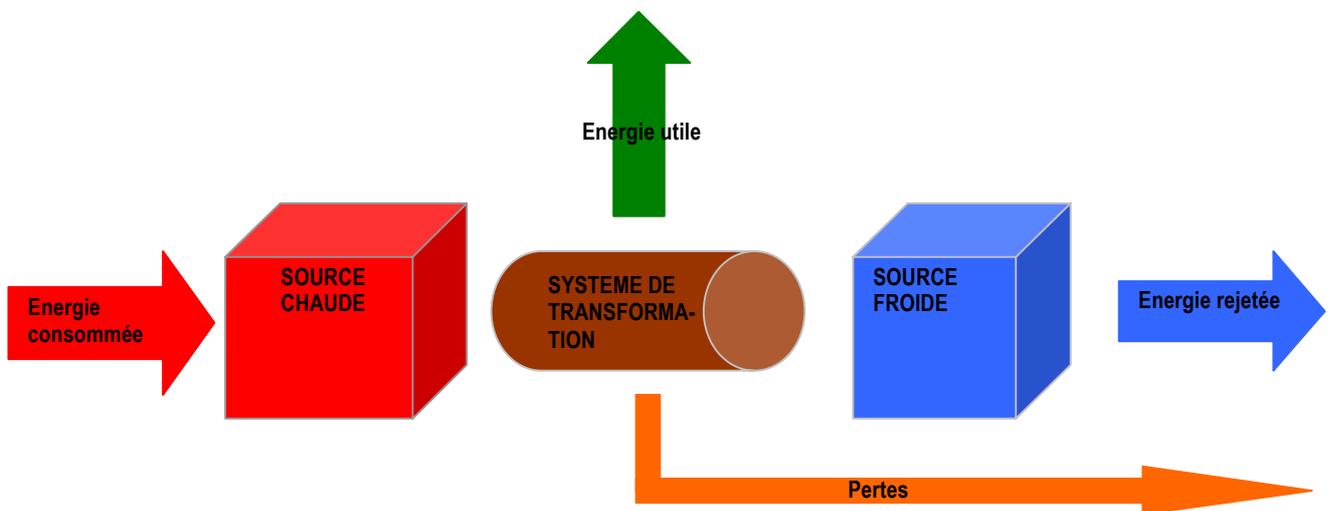
Considérons ainsi une centrale thermique à combustible fossile fonctionnant avec une source chaude à 450°C (température des fumées entre 650°C et 250°C) dans un environnement (source froide) à 15°C, la perte physique inéluctable « de Carnot » s'élève à  $(15+273) / (450+273) = 40\%$ . Le rendement théorique d'une telle centrale ne pourra donc pas dépasser  $100\% - 40\% = 60\%$ . En réalité, il s'établirait à un niveau de l'ordre de 40 en raison des autres pertes.

<sup>1</sup> Cette réalité physique est exprimée par le 2<sup>ème</sup> principe de la thermodynamique, le 1<sup>er</sup> exprimant la conservation de l'énergie au cours d'un processus de transformation ;

# Les enjeux de l'ÉNERGIE

Ainsi l'interprétation d'une valeur de rendement nécessite un état d'esprit critique, dès lors que l'énergie consommée est de la chaleur. Si l'énergie utile qu'on attend de la transformation est aussi de la chaleur (cas d'une chaudière destinée au chauffage d'une habitation), on peut s'attendre à des rendements compris entre 80 et 90%. Mais dès lors que l'énergie utile est d'une autre forme (électrique, mécanique), le rendement de Carnot passe inéluctablement par là et les valeurs sont beaucoup plus faibles (20 à 40%).

## Schéma d'un système de production d'électricité par consommation d'énergie thermique



$$\text{RENDEMENT} = \text{ENERGIE UTILE} / \text{ENERGIE CONSOMMEE}$$