

# Entropie, chauffage: les gaspillages entropiques

Cet article avait été rédigé à l'intention de Wikipédia mais il a été censuré immédiatement après sa publication le 24-05-2010

*Le présent article ambitionne de faire ressortir trois aspects de la fonction entropie:*

*a) une production d'entropie équivaut à une **perte de ressources énergétiques** qui serviraient à chauffer directement l'environnement*

*b) en raison de l'importance des pertes entropiques qui sont inhérentes à leur fonctionnement, tous les chauffages traditionnels sont **incompatibles avec une gestion rigoureuse** des ressources énergétiques.*

*Les deux principaux **chauffages à faible production d'entropie** sont alors la pompe à chaleur et, encore beaucoup plus performant, le **cogénérateur**.*

*c) L'évaluation du degré d'optimisation d'un chauffage réel quelconque doit se faire non plus par référence au fameux rendement énergétique de 100% - qui signifie seulement une absence de déperdition d'énergie - mais surtout par rapport à la référence idéale du **chauffage sans pertes entropiques**.*

## A – Signification concrète de l'entropie. Amointrissement entropique

Conformément à la définition de l'entropie donnée par Clausius en 1865, à chaque quantité de chaleur Q portée par un corps à la température T est liée une entropie

$$S = Q / T \text{ en J/K}$$

Pour trouver une signification plus concrète à ladite entropie, on suppose d'abord que, en plus du corps en question, on dispose d'un **milieu ambiant** à la température uniforme et constante Tambiant.

A partir de là, on recherche l'énergie mécanique maximum que l'on pourra **extraire** de cette énergie-chaleur Q. C'est l'exergie ou **Energie Mécanique Idéalement Récupérable**. Elle est donnée par le rendement de Carnot. Sa quantité vaut donc:

$$\begin{aligned} \text{Emir} &= r \cdot Q \\ &= Q - S \cdot T_{\text{ambiant}}, \end{aligned}$$

La quantité

**Edd = S . Tambiant,**

représente la chaleur qui sera fatalement rejetée dans le milieu ambiant par la machine idéale de Carnot. C'est donc une énergie comme on en a déjà en surabondance dans l'air du temps et donc de **valeur nulle**. D'où sa désignation Edd pour « **énergie définitivement dégradée** ». On l'appelle par ailleurs « amoindrissement entropique » ou « décote entropique »

Un éclairage sur le sens de la **mystérieuse grandeur entropie** peut alors être apporté par la **définition** suivante:

L'entropie  $S = Q / T$  d'une quantité de chaleur  $Q$  portée par un corps à la température  $T$ , c'est la **grandeur qui, multipliée par la température du milieu ambiant, donne la fraction de l'énergie  $Q$  qui doit être considérée comme étant irrécupérable sous la forme d'énergie mécanique.**

La chaleur est une énergie plus ou moins dégradée suivant la température  $T$  du corps qui la porte. Avec ce qui vient d'être dit, on peut la considérer comme étant équivalente à **l'addition de deux énergies bien caractérisées:**

1°) de la chaleur sans aucune valeur Edd, dont la quantité vaut:

$$Edd = S . Tambiant$$

2°) une énergie mécanique théoriquement récupérable, dont la quantité vaut

$$Emir = Q - S . Tambiant$$

## B - Productions d'entropie ou pertes entropiques

Pour la grandeur Edd, la dénomination « amoindrissement entropique », voire « amputation entropique » ou « décote entropique » se rapporte à un **état**, à une situation statique.

Lors d'une **transformation** d'un système isolé, le second principe de la thermodynamique implique que l'entropie augmente. Donc l'amoindrissement entropique augmente également. La production d'entropie va de pair avec un supplément de l'amoindrissement entropique, appelé « **perte entropique** ».

## C – Pertes entropiques dans les chauffages traditionnels

- Une première manière de produire de l'entropie, c'est de **transformer de l'énergie mécanique** ou électrique en chaleur.

Une quantité de chaleur  $Q$  apparaît sur un corps à la température  $T$ , l'entropie produite a alors pour valeur  $S=Q/T$ . Il y a donc production d'entropie à l'occasion des frottements, ou encore par l'effet Joule. C'est l'effet Joule qui est à la base des **chauffages électriques**.

- De l'entropie est produite également à chaque **échange de chaleur**. Etant donné qu'une quantité de chaleur  $Q$  quitte un corps à la température  $T_{initial}$  et s'installe dans un corps une température  $T_{final}$ ,

l'entropie produite lors de cet échange vaut:

$$S_{\text{final}} - S_{\text{initial}} = (Q / T_{\text{final}}) - (Q / T_{\text{initial}})$$

Etant donné que  $T_{\text{final}}$  est inférieure à  $T_{\text{initial}}$ , la production d'entropie est toujours une grandeur positive. Pour qu'elle soit nulle, il faudrait qu'on ait:

$$T_{\text{final}} = T_{\text{initial}}$$

La production d'entropie est importante lorsque l'écart de température entre les deux corps échangeant la chaleur est important. C'est le cas des **chauffages par combustion**. La température de départ est celle des gaz de combustion, elle est située autour de 1000°C, la température finale est celle des locaux que l'on chauffe, soit environ 20°C.

## D – Une production d'entropie est équivalente à une perte de ressources énergétiques qui seraient directement utilisées pour chauffer l'environnement.

On a vu qu'une production d'entropie était toujours liée à une perte entropique, c'est à dire à une augmentation de l'énergie définitivement dégradée, qui devait être considérée comme étant de la chaleur servant à chauffer l'environnement.

Cette considération va être confirmée par une **application numérique** des formules ci-dessus, dans le cas simple du chauffage électrique. Ce qui permettra de montrer à la fois **la réalité** de ces pertes et leur **importance**.

Supposons les conditions:

a) température extérieure

$$T_{\text{ambiant}} = 288 \text{ K (soit } 15^\circ\text{C)}$$

b) température maintenue dans les locaux chauffés:

$$T = 293 \text{ K (soit } 20^\circ\text{C)}$$

Pour 100 joules d'énergie électrique consommée pour le chauffage, la production d'entropie vaut:

$$S = Q / T = 100 / 293 \text{ (joules / kelvin)}$$

La perte entropique vaut:

$$E_{\text{dd}} = S \cdot T_{\text{ambiant}}$$

$$= 100 \cdot 288 / 293 = \mathbf{98,3 \text{ (joules)}}$$

En conséquence, alors que le rendement énergétique de ce chauffage électrique est de 100%, **les pertes entropiques n'en représentent pas moins 98% des ressources consommées**.

Certes, le chauffage électrique n'a pas rejeté ces pertes entropiques dans l'environnement, mais **il n'a pas extrait de l'environnement la chaleur qu'on peut théoriquement en extraire en s'y prenant de la meilleure façon imaginable**.

Pour les chauffages par combustion, les pertes entropiques sont un peu moins importantes que pour un

chauffage électrique. Un calcul à peine plus long que celui qui vient d'être fait montre qu'elles représentent encore **95% des ressources consommées**.

Ainsi donc, étant donné que les chauffages traditionnels produisent toujours et fatalement des pertes entropiques considérables, une gestion sérieuse des ressources énergétiques doit favoriser le développement des **chauffages à faible production d'entropie**.

Le plus connu des chauffages à faible production d'entropie, c'est la pompe à chaleur. Le plus efficace, **le plus prometteur, et de loin, c'est le cogénérateur**. Avec la cogénération, la chaleur est un **sous-produit à peu près gratuit** de la production d'électricité.

## E – La pompe à chaleur au secours de la pédagogie

Devant le refus des médias scientifiques à prendre en considération ces gaspillages considérables de ressources, une véritable bataille de l'entropie a consisté à diffuser via internet, et aussi sous leur version papier, un grand nombre d'articles abordant cette question d'une manière ou d'une autre.

Du point de vue pédagogique, la pompe à chaleur présente un énorme avantage. Elle permet de faire comprendre au public le plus large ce que le jargon traditionnel sur l'entropie ne permettra jamais de voir.

### a) La pompe à chaleur réelle prouve la réalité des pertes entropiques

Pour une même quantité de chaleur apportée à un immeuble, un chauffage électrique consomme trois à quatre fois plus d'énergie électrique qu'une pompe à chaleur.

La **surconsommation du chauffage électrique** par rapport à la pompe à chaleur est donc bien ainsi une preuve de pertes importantes de ressources énergétiques dans le cas des chauffages électriques, alors même que leur rendement énergétique est de 100%.

Ces pertes de ressources ne sont pas dues à des déperditions d'énergie, mais à des dégradations d'énergie, autrement dit à des productions d'entropie. Ce sont des pertes entropiques.

### b) La pompe à chaleur idéale fait connaître par comparaison l'importance des pertes entropiques

Une pompe à chaleur réelle fournit un "chauffage à faible production d'entropie". Mais le mot « faible » est un peu vite dit, car les pertes entropiques y valent encore quelque 90% des ressources consommées. Autrement dit, l'exergie ou EMIR de la chaleur obtenue ne vaut que 10% de l'énergie électrique consommée.

Mais, du point de vue pédagogique, la pompe à chaleur réelle permet d'imaginer la référence d'une pompe à chaleur « idéale », celle qui fournirait un chauffage sans production d'entropie. Les physiciens connaissent très bien son rendement puisqu'il est l'inverse de celui de Carnot. Il vaut couramment 3000 à 4000%, soit 30 à 40 pour un.

## F – Les avantages du cogénérateur, évalués avec la référence du chauffage

## sans pertes entropiques

Un chauffage sans production d'entropie, autrement dit sans pertes entropiques, ne sera jamais réalisé concrètement. Mais il constitue désormais la référence, l'élément de comparaison, pour juger du degré d'efficacité atteint par un système de chauffage donné quelconque.

Les pertes entropiques d'un cogénérateur peuvent être à priori beaucoup plus faibles que celles d'une pompe à chaleur pour les raisons suivantes:

- a) le fait de compléter un groupe électrogène par un récupérateur de chaleur n'occasionne aucune perte entropique supplémentaire dans le groupe électrogène
- b) le cogénérateur fonctionne avec un seul échangeur de chaleur, qui reçoit les rejets thermiques du groupe électrogène et envoie cette chaleur dans le circuit de chauffage de la maison. Au contraire, la pompe à chaleur fait intervenir deux échanges de chaleur: le premier entre le milieu ambiant et la partie froide de la pompe, et un deuxième échange entre la partie chaude de la pompe et le circuit de chauffage de la maison. Or on a vu que chaque échange de chaleur provoque fatalement des pertes entropiques.

## G - A nouvelle référence, nouvelle sorte de rendement

Si le rendement énergétique d'un chauffage par cogénération n'est pas dénué d'intérêt, il est cependant aussi illusoire, archaïque et fallacieux que le rendement 100% d'un chauffage électrique si on l'utilise pour indiquer le degré d'optimisation du dispositif.

Un rendement énergétique de 80% par exemple correspond à de faibles pertes entropiques si la production d'énergie électrique est importante et à de fortes pertes entropiques si elle est réduite, ce qui augmente d'autant la chaleur basse température fournie.

Pour donner une évaluation des performances en tenant compte des deux formes différentes d'énergie fournies, on est amené à faire intervenir ce qu'on pourrait appeler le rendement-EMIR, c'est à dire le rapport:

Energie Mécanique Idéalement Récupérable produite / EMIR consommée

L'EMIR produite est ici la somme des EMIR des deux énergies produites: énergie électrique et chaleur basse température.