L'entropie

L'entropie S est une grandeur physique définie par Clausius (1865). Cette grandeur permet d'énoncer le **second principe de la thermodynamique** : **l'entropie d'un système isolé augmente au cours de tout événement qui s'y déroule** ; plus généralement toute transformation d'un système thermodynamique s'effectue avec augmentation de l'entropie globale incluant l'entropie du système et du milieu extérieur.

A partir de la théorie cinétique des gaz, Boltzmann donne de l'entropie une interprétation statistique, pour des systèmes comme les gaz, constitués par un très grand nombre de molécules. Il relie l'entropie au nombre de complexions Ω, c'est-à-dire **le nombre de façon de réaliser un système à partir de ses constituants**, La relation (où ln est le logarithme népérien et k_B la constante de Boltzmann : $k_B = 1{,}381 \times 10^{-23}$ J.K^{-1}) est la suivante :

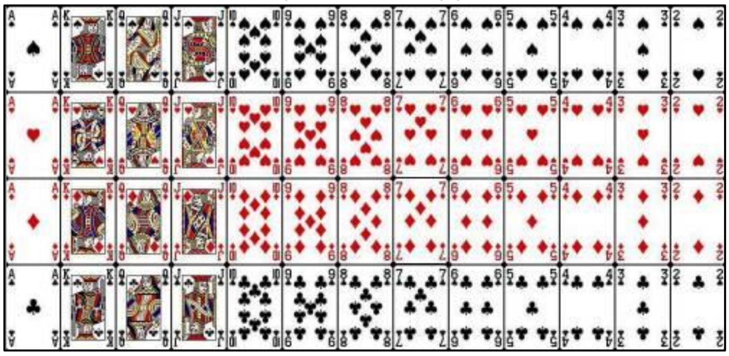
$$S = k_B \ln \Omega$$

Plus le nombre de complexions est grand, plus le désordre est grand et plus l'entropie est importante.

Par conséquent l'entropie est une mesure du désordre. Alors, selon le second principe de la thermodynamique, **toute transformation d'un système conduit à une augmentation globale de l'entropie et donc du désordre global.** Ceci traduit bien **l'idée d'irréversibilité et de « flèche du temps » :** si on fait fondre du sucre dans le café il y a peu de chance que le morceau de sucre se reconstitue spontanément !

Un exemple : le jeu de 52 cartes.

Cet exemple est métaphorique puisque basé sur une convention de classement des cartes, mais il permet d'illustrer l'idée de nombre de complexions. Supposons une convention de classement :



Combien y a-t-il de façon de réaliser le jeu complétement ordonné ? Une seule : $\Omega = 1$ $S = 0$

Combien de façon de réaliser un jeu classé par couleur mais désordonné dans chaque couleur :

- à l'intérieur chaque couleur le nombre de permutation possible des 13 cartes est égal à [13 x 12 x 11 x …. X 1] (13 façons de placer la première carte au hasard, 12 pour la deuxième, etc.) ; ce calcul s'écrit 13! (lire factorielle 13). Chaque couleur en désordre correspond donc à un nombre de complexion égal à [13! – 1].
- Le nombre de façon de réaliser le jeu classé par couleur mais désordonné dans chaque couleur est donc $\Omega = [13! - 1]^4$ = **$1{,}5 \times 10^{39}$**.

Combien de façon de réaliser un jeu non parfaitement ordonné : [52! – 1] = **8×10^{67}**

On comprend que, si on brasse les cartes, la probabilité de tomber sur le jeu parfaitement ordonné est infinitésimale ($1 / 8\ 10^{67}$). En revanche un jeu ordonné au départ évoluera inévitablement vers le désordre. Cependant on peut agir sur un jeu désordonné pour le classer (produire de l'ordre par une action extérieure) mais l'opérateur va alors dépenser de l'énergie… Le bilan global de l'opération sera toujours un accroissement du désordre, de l'entropie globale (jeu + opérateur + environnement).