

V5 :
La notion d'irréversibilité

Il est nécessaire d'introduire une notion difficile à définir de manière rigoureuse mais qui se révèle malgré tout assez simple à comprendre, celle d'irréversibilité.

a) Définition

Dans les convertisseurs d'énergie, la notion d'irréversibilité est directement associée à celle de pertes dues aux imperfections des machines. On peut définir l'irréversibilité comme l'impossibilité pour un système de revenir à un état antérieur : les transformations qu'il a subies ne peuvent pas être inversées.

b) 2 types d'irréversibilités

Une telle définition conduit à distinguer deux types d'irréversibilités :

Tout d'abord, celles qui sont liées au fait que le processus de transformation ne peut pas être inversé de manière simple.

Par exemple, lorsqu'on réalise une réaction de combustion, on ne peut pas simplement traiter les fumées pour retrouver les espèces chimiques initiales, c'est-à-dire le combustible et l'air de combustion.

De la même manière, si on plonge une barre de fer à haute température dans un bain d'huile à la température ambiante, l'ensemble barre plus huile se stabilise à une température intermédiaire.

Il est ensuite impossible simplement de ramener les deux éléments à leurs températures initiales.

Un deuxième type d'irréversibilité est lié à l'existence de pertes, généralement dues à des chocs ou à des frottements, pertes que l'on n'arrive jamais à complètement supprimer malgré tous les efforts que l'on peut faire.

On dit qu'une partie de l'énergie initiale est dégradée ou dissipée sous forme de chaleur.

Prenons l'exemple d'une balançoire. S'il n'y avait pas de frottements et si la personne qui se balance n'était pas confrontée à la résistance de l'air, la hauteur à laquelle remonte la balançoire après une phase de descente devrait être la même que celle qu'elle a atteinte du fait de l'impulsion donnée par la personne qui pousse la balançoire.

On sait qu'en pratique, la balançoire perd un peu de hauteur à chaque cycle de balancement.

Si nous reprenons la définition générale rappelée ci-dessus, nous voyons qu'elle s'applique bien à ces deux types d'irréversibilités. Dans les deux cas, on ne peut revenir à l'état antérieur en partant de l'état final.

Le premier type d'irréversibilité est lié aux procédés mis en œuvre pour réaliser les transformations, tandis que le second est lié aux imperfections des machines utilisées pour effectuer ces transformations. Bien évidemment, les deux peuvent se cumuler.

Pour tenir compte des irréversibilités du deuxième type, on distingue généralement les machines dites parfaites des machines dites réelles. Les machines parfaites sont celles dans lesquelles il n'y aurait aucun frottement ou choc, tandis que les machines réelles sont celles que l'on est capable de fabriquer et dans lesquelles on ne peut éviter ce type de pertes.

c) Irréversibilité et rendement de Carnot

C'est ainsi que nous avons introduit précédemment le rendement de Carnot, qui fixe le maximum théorique de la fraction de l'énergie thermique à haute température qui peut être convertie en énergie mécanique dans une machine parfaite.

La machine réelle sera caractérisée par un rendement plus faible, égal au produit du rendement de Carnot par une efficacité prenant en compte les effets de ces irréversibilités.

Le rendement de Carnot η_c est représentatif des irréversibilités du premier type. L'efficacité ϵ prend en compte les irréversibilités du second type.