

SUIS-JE AU POINT ?

Chapitre 24 : Second principe

- 💡 Une notion à bien comprendre, un point à retenir.
- ❤️ Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.
- 📖 Un savoir-faire à acquérir.
- TD Un exercice du TD pour s'entraîner.

Introduction : notion d'entropie

- 💡 Il existe dans la nature des transformations irréversibles. Elles peuvent être observées mais la transformation inverse ne le sera jamais. Cela permet de définir la notion de **flèche du temps**. Les transformations mettant en jeu des phénomènes irréversibles ne peuvent être observées que dans le sens de la flèche du temps et jamais en sens contraire (ex : deux corps de températures différentes en contact thermique voient leurs températures tendre l'une vers l'autre, une goutte d'encre versée dans un verre d'eau tend à s'étendre et s'homogénéiser dans tout le volume).
- 💡 L'origine de l'irréversibilité tient au fait que **tous les états possibles d'un système ne sont pas équiprobables** (ex : si on lance deux dés à six faces et qu'on note X la moyenne des chiffres affichés, $p(X = 1) = p(X = 6) = \frac{1}{6^2} \simeq 3\%$ tandis que $p(X = 3,5) = \frac{6}{6^2} \simeq 17\%$). Pour un système **isolé** contenant **un très grand nombre de particules** l'état d'équilibre observé est **l'état le plus probable**. (ex : on place dans une boîte un très grand nombre de dés à six faces, initialement tous sur la même face, et on secoue. On obtient alors spontanément une répartition aléatoire des chiffres affichés, de moyenne 3,5. Cette évolution est irréversible, si on secoue à nouveau on restera toujours à $\bar{X} = 3,5$ et la probabilité de revenir par hasard à un état où tous les chiffres sont identiques peut être considérée comme nulle).
- 💡 Quand un système est soumis à des actions aléatoires (agitation thermique dans un gaz, chocs entre les dés dans la boîte), on dit que celles-ci tendent à faire augmenter le **degré de désordre** du système. Pour faire simple, plus les propriétés d'un système résultent de l'action de phénomènes aléatoires et plus on dit qu'il est désordonné (ex : dans un solide les atomes sont fortement liés les uns aux autres et sont fixes les uns par rapport aux autres, c'est un état plutôt ordonné. Dans un gaz les particules sont très peu liées les unes aux autres, elles se répartissent aléatoirement dans tout le volume disponible, de manière uniforme, c'est un état plutôt désordonné).
- 💡 Il existe une grandeur qui mesure le degré de désordre d'un système : **l'entropie**. Les phénomènes irréversibles contribuent toujours à **augmenter l'entropie**. Il est toutefois possible de faire baisser l'entropie d'un système, mais il faut obligatoirement une action extérieure (ex : il est possible de ranger un grand nombre de dés tous sur la même face à condition d'agir sur eux en les manipulant un à un).
Un système **isolé** (aucune action extérieure) évolue toujours spontanément vers l'état **d'entropie maximale**. En effet en l'absence d'action extérieure la seule modification possible de l'entropie du système est une augmentation due à la présence de phénomènes irréversibles.

1 Second principe de la thermodynamique

1.1 Énoncé historique de Clausius (1850)

- ❤️ Énoncer le second principe de la thermodynamique selon Clausius.

1.2 Énoncé moderne

- ❤️ Énoncer le second principe de la thermodynamique dans sa version moderne. Expliquer à quelle condition une transformation peut être considérée comme observable et irréversible, observable et réversible, non observable.
- ❤️ Exprimer l'entropie échangée au cours d'une transformation adiabatique ($S_e = 0$) ou dans le cas d'un contact thermique avec un thermostat ($S_e = \frac{Q}{T_{\text{ext}}}$).

1.3 Propriétés de l'entropie

♥ Connaître les propriétés de l'entropie (unité SI, extensivité, fonction d'état).

✍ À l'aide du second principe, démontrer que l'entropie d'un système isolé ne peut qu'augmenter.

2 Fonction S de quelques systèmes particuliers

2.1 Gaz parfait de coefficient γ constant

✍ Exprimer la variation d'entropie d'un gaz parfait à partir de la fonction d'état $S(T, V)$ ou $S(T, P)$ fournie. On choisira le couple de variable qui convient le mieux, en fonction de la nature de la transformation.

2.2 Phase condensée

✍ Exprimer la variation d'entropie d'une phase condensée à partir de la fonction d'état $S(T)$ fournie.

3 Analyse entropique d'une transformation physique : quelques exemples

3.1 Compression/détente adiabatique et quasi-statique d'un gaz parfait

✍ Démontrer qu'une transformation adiabatique et quasi-statique d'un gaz parfait est **réversible**. Une telle transformation est **isentropique** ($S = \text{Cste}$).

3.2 Solide mis en contact avec un thermostat

✍ Effectuer le bilan entropique de cette transformation. Justifier qu'elle est irréversible.