

# Dictionnaire de thermodynamique

## A

**Adiabatique** : se dit d'une transformation au cours de laquelle le système n'échange pas d'énergie par transfert thermique. « Opposé » à isotherme : on ne peut rien dire a priori à propos de la température finale d'une transformation adiabatique. Ne pas confondre avec calorifugé, qui caractérise un système mais pas une transformation.

**Additive** : se dit d'une grandeur d'état  $X$  telle que lorsqu'on réunit deux systèmes 1 et 2 éventuellement différents alors  $X = X_1 + X_2$ . Ne pas confondre avec extensive, qui concerne un seul système : une grandeur d'état additive est extensive, mais la réciproque n'est pas forcément vraie.

**Athermane** : se dit d'une paroi qui empêche tout transfert thermique. Synonyme de calorifugé. Contraire de diathermane ou diatherme.

## C

**Calorifugé** : se dit d'une paroi qui empêche tout transfert thermique, et par extension d'un système qui n'échange pas d'énergie par transfert thermique. Synonyme d'athermane. Contraire de diathermane ou diatherme. Ne pas confondre avec adiabatique, qui caractérise une transformation mais pas un système.

**Calorigène** : se dit du fluide circulant dans une pompe à chaleur. Synonyme de caloporteur, « opposé » à frigorigène même si rien d'autre que la finalité de la machine ne les distingue.

**Caloporteur** : synonyme de calorigène.

**Calorimètre** : dispositif qui permet la mesure de grandeurs thermodynamiques. Dans un calorimètre, les transformations sont monobares et usuellement approximées comme adiabatiques.

**Capacité thermique** : ne pas confondre à pression et à volume constant : certes,  $C_V \simeq C_P$  pour une phase condensée, mais pas pour un gaz parfait où  $C_P - C_V = nR$ . Grandeur extensive. S'exprime en  $J \cdot K^{-1}$ .

▷ **à pression constante  $C_P$**  : quantifie la dépendance de l'enthalpie d'un système fermé vis-à-vis de la température à pression fixée,

$$C_P = \left. \frac{\partial H}{\partial T} \right|_{n,P} .$$

▷ **à volume constant  $C_V$**  : quantifie la dépendance de l'énergie interne d'un système fermé vis-à-vis de la température à volume fixé,

$$C_V = \left. \frac{\partial U}{\partial T} \right|_{n,V} .$$

**Chaleur** : un mot presque interdit en thermodynamique ! C'est une grosse source de confusion : d'une part son sens dans le vocabulaire courant ne correspond pas à son sens en physique, d'autre part on lui ajoute souvent un adjectif qui modifie considérablement son sens.

**Chaleur échangée** : synonyme de transfert thermique. Il est très déconseillé d'utiliser ce terme, qui peut être source de confusion.

**Chaleur latente** : synonyme d'enthalpie de changement d'état. Je vous déconseille d'utiliser ce terme, qui peut être source de confusion ... mais il faut malgré tout que vous le connaissiez, car il est d'usage très répandu.

**Chaleur spécifique** : synonyme de capacité thermique. Il est très déconseillé d'utiliser ce terme, qui peut être source de confusion.

**Compressible** : se dit d'un système capable de se déformer sous l'effet des changements de pression à température fixée, un gaz est très compressible mais une phase condensée ne l'est presque pas. Ne pas confondre avec dilatable.

**Condensé** : se dit des phases liquide et solide.

**Courbe d'ébullition** : courbe qui sépare les domaines liquide et liquide + gaz dans le diagramme de Clapeyron. Ne pas confondre avec courbe de rosée.

**Courbe de rosée** : courbe qui sépare les domaines liquide + gaz et gaz dans le diagramme de Clapeyron. Ne pas confondre avec courbe d'ébullition.

**Cycle** : succession de transformations amenant le système dans un état final identique à son état initial. Les variations des fonctions d'état sont nulles sur le cycle complet, mais pas au cours des différentes étapes.

## D

**Diagramme thermodynamique** : représentation d'une grandeur d'état en fonction d'une autre.

- ▷ **Diagramme d'Amagat** :  $PV$  en fonction de  $P$ , utile pour caractériser l'écart de comportement d'un gaz réel par rapport à un gaz parfait.
- ▷ **Diagramme de Clapeyron** :  $P$  en fonction de  $v$  (volume massique) ou  $V_m$  (volume molaire), utile pour déterminer les titres massiques d'un système diphasé. Ne pas confondre avec le diagramme de Watt.
- ▷ **Diagramme des frigoristes** :  $P$  en fonction de  $h$  (enthalpie massique), utile pour analyser le cycle d'une machine thermique à écoulement. La pression est représentée en échelle logarithmique.
- ▷ **Diagramme de phases** :  $P$  en fonction de  $T$ , utile pour identifier la phase stable d'un système connaissant ces deux variables d'état.
- ▷ **Diagramme de Watt** :  $P$  en fonction de  $V$ , utile pour analyser le travail des forces de pression et le cycle d'une machine thermique à pistons. Ne pas confondre avec le diagramme de Clapeyron.
- ▷ **Diagramme entropique** :  $T$  en fonction de  $S$  ou  $s$  (entropie ou entropie massique), utile pour étudier certains cycles, en particulier le cycle de Carnot.

**Diatherme, diathermane** : se dit d'une paroi qui permet les transferts thermiques. Contraire de calorifugé et athermane.

**Dilatable** : se dit d'un système capable de se déformer sous l'effet des changements de température à pression fixée, un gaz est très dilatable mais une phase condensée ne l'est presque pas. Ne pas confondre avec compressible.

**Dilué** : se dit de l'état gazeux.

**Ditherme** : se dit d'une machine thermique qui échange au cours de son cycle du transfert thermique avec deux sources de température différentes, qualifiées de source chaude et source froide.

## E

**Efficacité  $e$**  : nombre positif, pouvant être supérieur à 1, qui décrit la qualité du transfert d'énergie réalisé par une machine. Il est défini comme le rapport entre l'énergie intéressante et l'énergie coûteuse. Bien adapté pour quantifier la performance des machines frigorifiques : réfrigérateurs et pompes à chaleur. Ne pas confondre avec rendement.

**Énergie interne  $U$**  : fonction d'état, extensive et additive, qui intervient dans le premier principe. Elle représente schématiquement l'énergie mécanique microscopique. S'exprime en J.

**Enthalpie  $H$**  : fonction d'état, extensive et additive, qui intervient dans le premier principe. Elle est utile pour faire le bilan énergétique d'une transformation monobare, notamment avec un changement d'état. S'exprime en J.

**Enthalpie de changement d'état  $\Delta_{1 \rightarrow 2} h$  ou  $\ell_{1 \rightarrow 2}$**  : différence d'enthalpie massique ou molaire entre les deux phases 1 et 2.  $m\ell_{1 \rightarrow 2}$  est la variation d'enthalpie du système au cours d'une transformation faisant passer une masse  $m$  de la phase 1 à la phase 2. Caractéristique de l'espèce chimique qui subit le changement d'état. S'exprime en  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$  ou  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**Entropie  $S$**  : fonction d'état, extensive et additive, qui intervient dans le second principe. Elle représente schématiquement le nombre d'états microscopiques compatibles avec l'état macroscopique du système. S'exprime en  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ . Ne pas confondre la fonction d'état entropie avec l'entropie échangée ou l'entropie créée au cours d'une transformation.

**Entropie de changement d'état  $\Delta_{1 \rightarrow 2} s$**  : différence d'entropie massique ou molaire entre les deux phases 1 et 2.  $m\Delta_{1 \rightarrow 2} s$  est la variation d'entropie du système au cours d'une transformation faisant passer une masse  $m$  de la phase 1 à la phase 2. Caractéristique de l'espèce chimique qui subit le changement d'état. Reliée à l'enthalpie de changement d'état par

$$\Delta_{1 \rightarrow 2} h = T_{12} \Delta_{1 \rightarrow 2} s,$$

$T_{12}$  étant la température de coexistence entre les deux phases. S'exprime en  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  ou  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**Équation d'état** : relation entre les grandeurs d'état thermoélastiques  $P, V, T$  et  $n$ , qu'on peut symboliquement écrire sous la forme  $f(P, V, T, n) = 0$ .

**Équilibre thermodynamique**

- ▷ **d'un système** : état du système dans lequel toutes les grandeurs d'état sont uniformes<sup>1</sup> (dans l'espace) et constantes (dans le temps).
- ▷ **entre deux systèmes** : chaque système est individuellement à l'équilibre, et les échanges entre les deux systèmes sont terminés.

1. Ce critère est le seul qu'on puisse donner en début de cours de PTSI, mais il est en fait à nuancer : un fluide en équilibre hydrostatique (programme de PT) est à l'équilibre thermodynamique même si la pression n'y est pas uniforme. Le vrai critère est l'absence de flux thermique ou de matière dans le système, notions que vous aborderez en PT.

**Extensive** : se dit d'une grandeur d'état qui est proportionnelle à la masse (ou à la quantité de matière) du système. Elle caractérise l'ensemble du système. Exemples : volume, énergie interne, etc. « Opposé » à intensive.

**Extérieur** : partie du dispositif qui n'est pas le système.

## F

**Fermé** : se dit d'un système qui peut échanger de l'énergie avec l'extérieur, mais pas de matière.

**Fini** : contraire d'infinésimal.

**Fluide** : se dit des phases liquide et gaz.

**Fonction d'état** : grandeur d'état qui se déduit directement des variables d'état. Une fonction d'état ne dépend donc que de l'état actuel du système mais pas des détails de la transformation qui a amené le système dans cet état.

**Frigorifique** : se dit d'une machine thermique dont le but est de réaliser un transfert thermique effectif de sens contraire au sens naturel. On distingue par leur finalité les réfrigérateurs, qui refroidissent la source froide, et les pompes à chaleur, qui réchauffent la source chaude.

**Frigorigène** : se dit du fluide circulant dans un réfrigérateur. « Opposé » à caloporteur même si rien d'autre que la finalité de la machine ne les distingue.

## G

**Grandeur d'état** : grandeur physique qui caractérise l'état actuel du système. Schématiquement, les grandeurs d'état se répartissent entre variables d'état et fonctions d'état.

## I

**Incompressible** : qui n'est pas compressible, voir à compressible.

**Indilatable** : qui n'est pas dilatable, voir à dilatable.

**Infinésimale** : transformation pour laquelle les états initial et final sont infiniment proches.

**Intensive** : se dit d'une grandeur d'état qui ne dépend pas de la masse (ou de la quantité de matière) du système. Elle peut être définie localement, mais n'est pas forcément uniforme dans un système hors-équilibre. Exemples : température, pression, masse volumique, etc. « Opposé » à extensive.

**Irréversible** : contraire de réversible, voir à réversible.

**Iso-quelque chose** : se dit d'une transformation au cours de laquelle une grandeur d'état est constante tout au long de la transformation, et par extension d'une courbe représentant une telle transformation sur un diagramme thermodynamique. Ne pas confondre avec mono-quelque chose.

- ▷ **Isenthalpe** : l'enthalpie (et l'enthalpie massique) du système est constante tout au long de la transformation.
- ▷ **Isentrope** : l'entropie (et l'entropie massique) du système est constante tout au long de la transformation.
- ▷ **Isobare** : la pression au sein du système est constante tout au long de la transformation.
- ▷ **Isochore** : le volume du système est constant tout au long de la transformation.
- ▷ **Isotherme** : la température du système est constante tout au long de la transformation. « Opposé » à adiabatique : on ne peut rien dire a priori des transferts thermiques au cours d'une transformation isotherme.
- ▷ **Isotitre** : le titre d'un système diphasé est constant tout au long de la transformation. De telles transformations sont sans intérêt pratique, mais les courbes associées sont très utiles dans la lecture des diagrammes.

**Isolé** : se dit d'un système qui n'échange ni matière, ni énergie avec l'extérieur.

## M

**Macroscopique** : échelle humaine, bien plus grande que la distance entre particules.

**Mésoscopique** : échelle intermédiaire, bien plus grande que l'échelle microscopique mais bien plus petite que l'échelle macroscopique.

**Microscopique** : échelle des constituants élémentaires du système.

**Mono-quelque chose** : se dit d'une transformation au cours de laquelle un paramètre extérieur est constant tout au long de la transformation. Ne pas confondre avec iso-quelque chose.

- ▷ **Monobare** : la pression extérieure  $P_{\text{ext}}$  est constante tout au long de la transformation.

- ▷ **Monotherme** : la température extérieure  $T_{\text{ext}}$  est constante tout au long de la transformation. Par extension, se dit aussi d'une machine thermique n'échangeant du transfert thermique qu'avec une unique source.

**Moteur** : se dit d'une machine thermique qui fournit effectivement un travail à l'extérieur. Contraire de récepteur.

## O

**Ouvert** : se dit d'un système qui échange aussi bien de l'énergie que de la matière avec l'extérieur.

## P

**Point critique** : couple  $(P_C, T_C)$  au delà duquel les propriétés physiques des phases liquide et gaz se rejoignent si bien qu'elles ne sont plus discernables.

**Point triple** : unique couple  $(P_{\text{III}}, T_{\text{III}})$  pour lequel il peut y avoir coexistence des trois états solide, liquide, gaz.

**Pression de vapeur saturante**  $P_{\text{sat}}(T)$  : pression de coexistence stable des phases liquide et gaz d'un corps pur.

## Q

**Quasi-statique** : transformation infiniment lente, ou en tout cas suffisamment lente pour que le système soit en équilibre thermique et mécanique avec l'extérieur tout au long de la transformation.

## R

**Récepteur** : se dit d'une machine thermique qui reçoit effectivement un travail de l'extérieur. Contraire de moteur.

**Rendement** : nombre compris entre 0 et 1 qui décrit la qualité d'une conversion d'énergie réalisée par une machine. Il est défini comme le rapport entre l'énergie intéressante et l'énergie coûteuse. Bien adapté pour quantifier la performance des moteurs. Ne pas confondre avec efficacité.

**Renversable** : se dit d'une transformation dont on peut inverser le sens, souvent au prix d'un changement important des conditions extérieures. Ne pas confondre avec réversible : une transformation renversable n'est généralement pas réversible.

**Réversible** : se dit d'une transformation qui se fait sans création d'entropie. C'est un modèle idéalisé de transformation. Ne pas confondre avec renversable : une transformation renversable n'est généralement pas réversible.

## S

**Système** : partie « intéressante » du dispositif à laquelle les principes de la thermodynamique sont appliqués. Contraire d'extérieur.

## T

**Thermostat** : système thermodynamique dont la température ne varie jamais, même s'il échange de l'énergie, que ce soit sous forme de travail ou de transfert thermique. Un thermostat idéal a une capacité thermique infinie.

**Titre** : proportion en masse ou en quantité de matière d'une phase  $\varphi$  dans un système diphasé,  $x_\varphi = m_\varphi/m_{\text{total}}$  ou  $x_\varphi = n_\varphi/n_{\text{total}}$ . Pour un corps pur, les deux titres molaire ou massique sont égaux et on parle tout simplement de « titre ».

**Transfert thermique**  $Q$  : énergie échangée par un système par contact mais sans mouvement ni déformation macroscopique des parois du système. S'exprime en J. « Opposé » à travail.

**Travail**  $W$  : énergie échangée par un système par l'intermédiaire d'un mouvement ou d'une déformation macroscopique des parois du système. S'exprime en J. « Opposé » à transfert thermique.

## V

**Variation d'état** : ensemble de grandeurs d'état indépendantes qui suffit à caractériser complètement l'état du système.