

### 2.2.1 Notions de système thermodynamique et d'état

Commençons par introduire la notion de **système thermodynamique**, qui représente une quantité de matière isolée de ce que l'on appelle son **environnement** par une **frontière** réelle ou fictive (on parle aussi de paroi). Cette notion de système est très générale en physique et se retrouve notamment en mécanique.

Ces trois notions sont fondamentales et seront très utilisées par la suite.

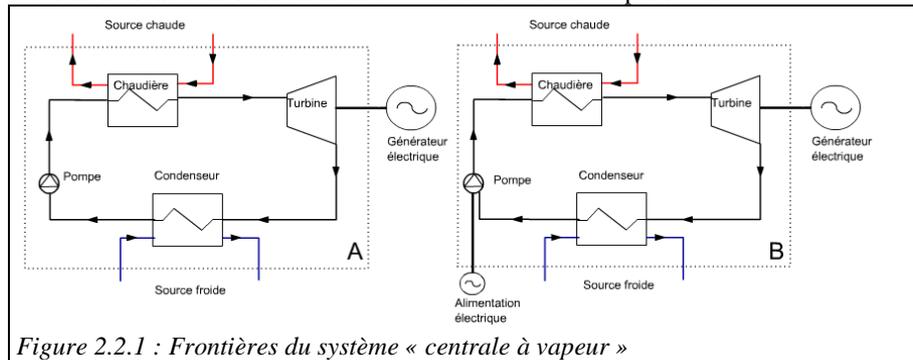


Figure 2.2.1 : Frontières du système « centrale à vapeur »

À titre d'illustration, la figure 2.2.1 montre qu'il est possible de définir de plusieurs manières la frontière du système « centrale à vapeur », représentée par un rectangle tracé en pointillé.

La définition habituelle, identifiée par la lettre A, est illustrée par la partie gauche de la figure. Les flux traversant la frontière sont alors les gaz chauds provenant de la source chaude et le fluide de refroidissement émanant de la source froide. La puissance mécanique sortant du système est celle qui entraîne le générateur électrique. Elle suppose implicitement que le travail de compression de la pompe est prélevé sur celui fourni par la turbine.

La seconde définition du système, identifiée par la lettre B, est illustrée par la partie droite de la figure. Elle suppose que le travail de compression de la pompe n'est pas prélevé sur le travail fourni par la turbine, mais apporté sous forme d'électricité par l'environnement. Nous verrons plus loin les implications de ce changement de frontière sur le calcul du bilan énergétique du système.

Retenez qu'il faut **toujours bien spécifier la frontière du système** considéré.

Une seconde notion très importante en pratique est celle **d'état**. Elle permet de caractériser de manière concise un système..

La notion **d'état d'un système** peut ainsi être définie comme "l'information minimale nécessaire à la détermination de son comportement futur en l'absence de perturbation extérieure".

Modéliser et simuler les technologies énergétiques (extraits résumés)

### 2.2.2 Variables et fonctions d'état

Cet état est caractérisé par ce que l'on appelle un jeu de **variables d'état** permettant de complètement caractériser un système à un instant donné.

En mécanique, les grandeurs de position et la vitesse sont des variables d'état.

Pour un système thermodynamique **simple** comme une particule de matière d'un fluide pur, il existe plusieurs ensembles de variables d'état répondant à cette définition. Les plus utilisés dans la littérature sont les couples suivants : (pression, température), (pression, volume), (température, volume).

Pour des systèmes plus complexes, il peut être nécessaire d'ajouter à ces variables d'état deux autres grandes catégories :

- les variables chimiques ;
- les variables électriques.

Une **fonction d'état** est une grandeur dont la valeur ne dépend que de l'état du système, et non pas de son histoire.

Nous noterons avec un  $d$  une évolution infinitésimale d'une fonction d'état : par exemple  $dP$  pour une petite variation de pression

Cependant, lors de l'évolution d'un système thermodynamique, de nombreuses grandeurs dépendent non seulement des états initial et final du système, mais aussi de la manière dont l'évolution prend place.

Ces grandeurs sont souvent appelées des **fonctions de parcours**, pour indiquer cette dépendance<sup>1</sup>. C'est le cas du travail mis en jeu ou bien de la chaleur échangée aux frontières du système. Nous noterons avec un  $\delta$  une évolution infinitésimale d'une fonction de parcours : par exemple  $\delta W$  pour une petite variation de travail

Dans le cas général, le calcul de ces fonctions de parcours est plus complexe que celui des fonctions d'état.

### 2.2.3 Systèmes ouverts et fermés

En thermodynamique, on est couramment amené à distinguer deux types de systèmes : les **systèmes fermés**, qui n'échangent pas de matière avec l'environnement, et les **systèmes ouverts** qui en échangent (figure 2.2.2).

Cette distinction est importante car les propriétés thermodynamiques ne s'expriment pas de la même manière en système fermé et en système ouvert. Paradoxalement même, elles sont généralement plus faciles à calculer pour les systèmes ouverts, bien qu'ils mettent en jeu un transfert de matière.

---

<sup>1</sup> Une analogie peut être faite avec des déplacements en montagne : pour une différence d'altitude donnée, la variation d'énergie potentielle d'un mobile effectuant le parcours est toujours la même car c'est une fonction d'état, tandis que la distance parcourue varie selon le chemin suivi car c'est une fonction de parcours.

A ce stade de notre présentation, il importe de bien noter que le caractère ouvert ou fermé d'un système **dépend des frontières** que l'on choisit pour le définir, ce qui peut induire de petites difficultés sémantiques.

