

Exploration d'une centrale à vapeur dans le diagramme entropique

Introduction

L'objectif de cette exploration dirigée est de vous faire découvrir le cycle d'une **centrale à vapeur** dans le diagramme thermodynamique entropique (T, s).

Elle complète celle de la dernière semaine du MOOC CTC-MS (S-M3-V7), où le cycle était présenté, avec des explications sur son paramétrage et sa représentation dans le diagramme (h, ln(P)) des frigoristes.

Chargement du modèle

Cliquez sur le lien suivant :

Vous pouvez aussi ouvrir le fichier de schéma (vap_simple.dia) grâce au menu "Fichier/Ouvrir" du menu de l'éditeur de schémas, et le fichier de projet (vap_simple.prj) grâce au menu "Fichier de projet/Charger un projet" du menu du simulateur.

Tracé du cycle dans le diagramme entropique

1. Première étape : chargement du diagramme entropique de l'eau

Cliquez sur

Vous pouvez aussi ouvrir le diagramme grâce à la ligne "Diagramme Interactifs" du menu "Spécial" de l'écran du simulateur, qui ouvre une interface qui relie le simulateur et le diagramme. Double-cliquez dans le champ situé en haut à gauche de cette interface pour choisir le type de diagramme souhaité (ici "Vapeurs condensables").

Une fois le diagramme ouvert, choisissez "eau" dans le menu Corps, et sélectionnez "(T,s)" dans le menu "Graphe".

2. Deuxième étape : chargement d'un cycle pré-enregistré correspondant au projet chargé, dont le tracé a été préalablement affiné afin d'être plus précis

Cliquez sur

Vous pouvez aussi ouvrir ce cycle de la manière suivante : dans la fenêtre du diagramme, choisissez "Charger un cycle" dans le menu Cycle, et sélectionnez "cycle_vapFrFin.txt" dans la liste des cycles disponibles. Cliquez ensuite sur la ligne "Points reliés" du menu Cycle.

3. Analyse du cycle

Les points 1 et 2 représentant la compression à l'état liquide sont quasiment superposés, et l'échauffement à l'état liquide presque confondu avec la courbe de bulle.

La vaporisation se fait selon un segment de droite horizontale.

La surchauffe isobare correspond à la pointe maximale du cycle, et la détente irréversible se traduit par une augmentation de l'entropie, le point 4 étant situé dans la zone d'équilibre liquide-vapeur (titre égal à 0,835).

La condensation se fait selon le segment de droite horizontal (4 - 1).

4. Repérage de quelques points caractéristiques dans le diagramme

Entrez un point en zone liquide

Quel est le point en zone diphasique ?

Quel est le point dont la température est la plus élevée ?

Comparaison avec le cycle de Carnot

Le cycle de Carnot est celui qui conduit au meilleur rendement.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Il est donné par cette formule, T_1 et T_2 étant les températures des sources chaude et froide ($T_1 > T_2$), exprimées en K et non en °C.

Nous allons maintenant examiner les écarts de température entre le fluide de travail et les sources chaude et froide

1. Première étape : on affiche sur le diagramme la valeur de la température de la source froide (15 °C)

Cliquez sur

Vous pouvez aussi ouvrir ce cycle de la manière suivante : dans la fenêtre du diagramme, choisissez "Charger un cycle" dans le menu Cycle, et sélectionnez "vapeurTsourceFroide.txt" dans la liste des cycles disponibles.

Quel est l'écart de température (eau - source froide) ?

Notez bien que l'eau se condense à une température supérieure à celle de la source froide

2. Deuxième étape : on affiche sur le diagramme la valeur de la température de la source chaude (600 °C)

Cliquez sur

Vous pouvez aussi ouvrir ce cycle de la manière suivante : dans la fenêtre du diagramme, choisissez "Charger un cycle" dans le menu Cycle, et sélectionnez "vapeurTsourceChaude.txt" dans la liste des cycles disponibles.

Quel est l'écart de température (fin de surchauffe - source chaude) ?

Notez bien que la source chaude doit être à une température supérieure à celle de fin de surchauffe

3. Troisième étape : chargement du cycle de Carnot relatif aux sources externes. Attention, le point D n'a pas de réalité physique

Cliquez sur

Vous pouvez aussi ouvrir ce cycle de la manière suivante : dans la fenêtre du diagramme, choisissez "Charger un cycle" dans le menu Cycle, et sélectionnez "vapeurCarnot.txt" dans la liste des cycles disponibles.

4. Calcul du rendement de Carnot

Pour calculer le rendement de Carnot, déterminez les valeurs en K des températures chaude et froide, et appliquez la formule ci-dessus.

Entrez la valeur de la température du point A en Kelvin

Entrez la valeur de la température du point **B** en Kelvin

Calculez le rendement de Carnot et entrez-le

5. Quatrième étape : comparaison du cycle du projet et du cycle de Carnot

Vous allez maintenant pouvoir comparer le cycle du projet et le cycle de Carnot.

Appelons ΔT_{chaud} l'écart entre la température haute du cycle de Carnot et la valeur moyenne de celle de l'eau entre les points **3a** et **3**

Appelons ΔT_{froid} l'écart entre la température basse du cycle de Carnot et celle du condenseur

6. Écarts de température entre la centrale à vapeur et les sources externes

Indiquez laquelle de ces affirmations est vraie ?

Sur le plan technologique, les échangeurs de chaleur ayant des dimensions finies, le fluide de travail ne peut être à la même température que les sources externes, ce qui constitue une première différence avec le cycle de Carnot.

ΔT_{chaud} est près de 10 fois supérieur à ΔT_{froid} ΔT_{chaud} est près de 30 fois supérieur à ΔT_{froid} ΔT_{chaud} est voisin de ΔT_{froid} ΔT_{chaud} est près de 10 fois inférieur à ΔT_{froid} ΔT_{chaud} est près de 30 fois inférieur à ΔT_{froid}

7. Prise en compte des irréversibilités de détente

La détente peut être supposée adiabatique, mais pas isentropique. Il en résulte des irréversibilités et donc une différence avec le cycle de Carnot.

Quelle est l'augmentation d'entropie due à la détente ?

Que vaudrait la puissance de la turbine si elle était isentropique ?

8. Prise en compte des irréversibilités de compression

La compression peut en première approximation être supposée adiabatique, et même isentropique, les irréversibilités qui prennent place dans la pompe étant faibles. On s'écarte toutefois sensiblement du cycle de Carnot car la température de fin de compression reste très proche de celle de la source froide, au lieu d'être celle de la source chaude

Que vaut le ΔT moyen entre la source chaude et l'économiseur ?

Conclusion

Cette exploration vous a permis de vous familiariser avec la représentation du cycle d'une centrale à vapeur dans le diagramme entropique et de le comparer avec le cycle de Carnot.