

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

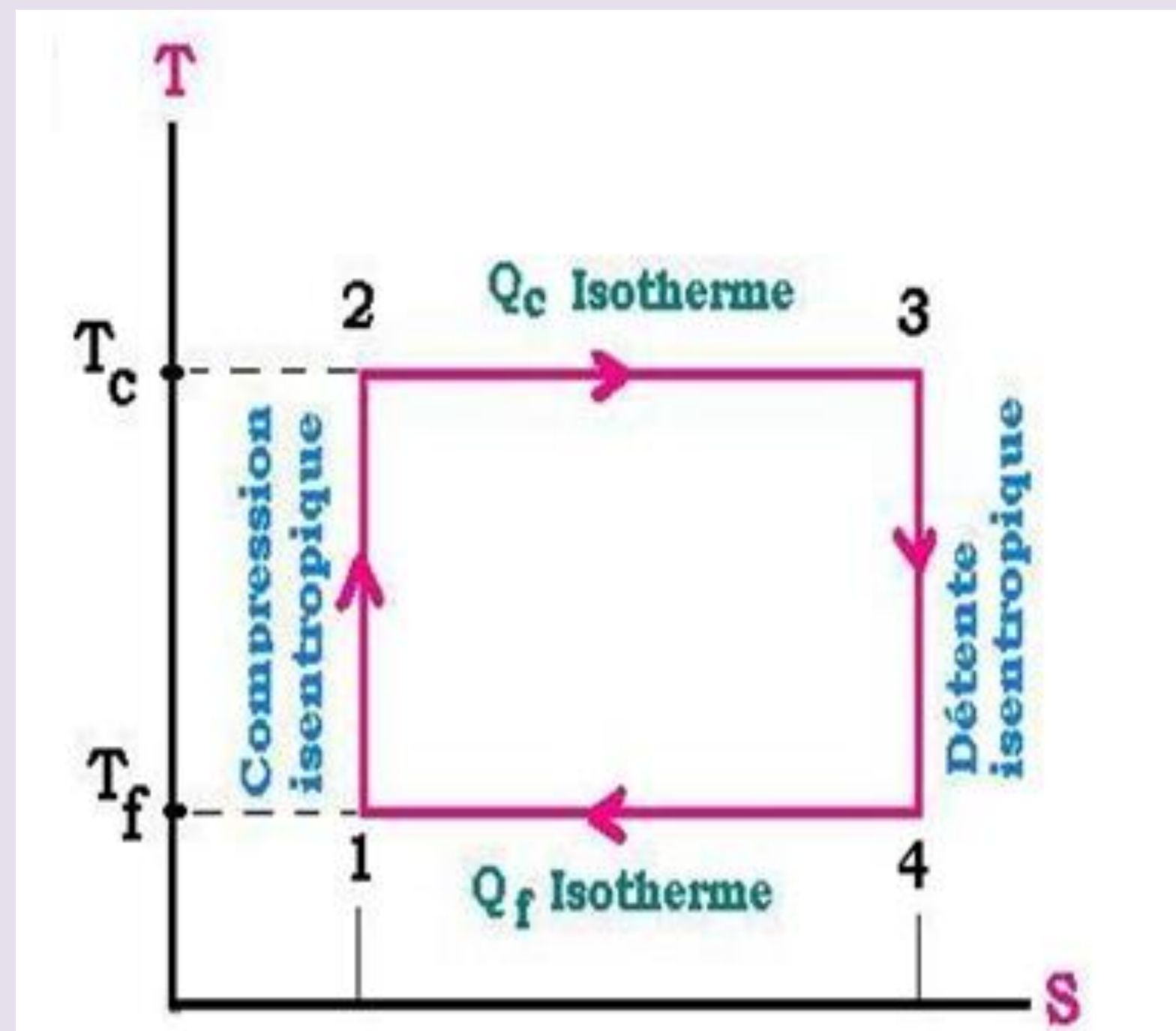
Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Définition

On appelle cycle de puissance à une seule phase, est une succession de transformations, au terme desquelles le système revient à son état initial. C'est à dire que le fluide actif après avoir subi un ensemble de transformations retourne à son état initial.

Cycle de Carnot



T_c est la température de la source chaude

T_f est la température de la source froide

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson
 Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle de Carnot

Nous avons:

$$\Delta S(1-2) = S_2 - S_1 = 0$$

$$\Delta S(2-3) = S_3 - S_2 = Q_c/T_c \rightarrow Q_c = T_c(S_3 - S_2)$$

$$\Delta S(3-4) = S_4 - S_3 = 0$$

$$\Delta S(4-1) = S_1 - S_4 = Q_f/T_f \rightarrow Q_f = T_f(S_1 - S_4)$$

D'autre part, $\Delta S(2-3) = - \Delta S(4-1)$

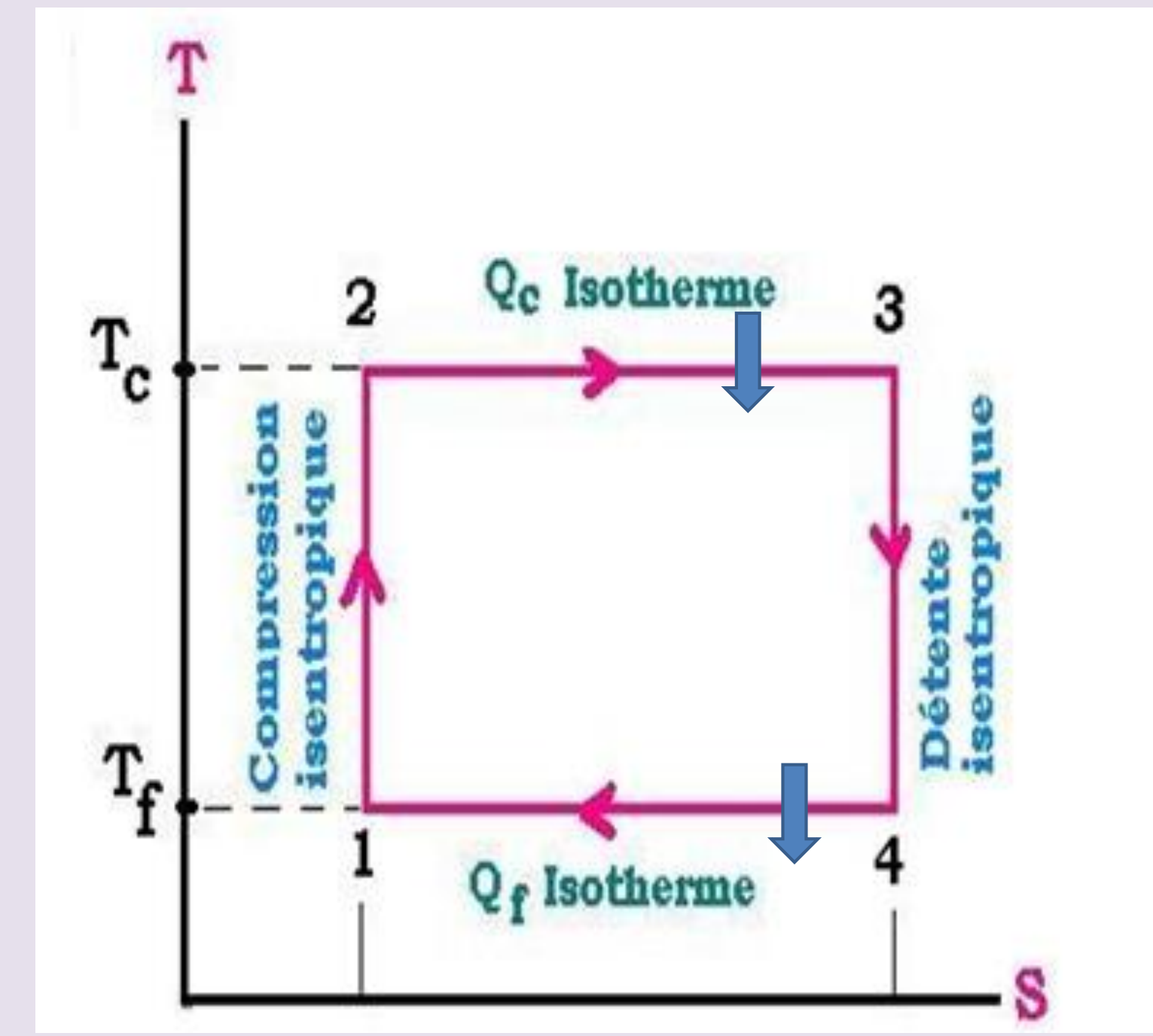
C'est à dire:

$$Q_c/T_c = - Q_f/T_f \rightarrow Q_f/Q_c = - T_f/T_c \rightarrow |Q_f|/Q_c = T_f/T_c$$

$$\eta = (Q_c - |Q_f|)/Q_c = 1 - (|Q_f|/Q_c) = 1 - (T_f/T_c)$$

Cycle de Carnot (cycle parfait ou idéal)

$$\eta_{carnot} = 1 - (T_f/T_c)$$



Soit un cycle de Carnot qui utilise de la vapeur d'eau comme caloporteur. Une source à une température de 250°C transmet sa chaleur au caloporteur alors qu'il passe d'un état liquide saturé à une vapeur saturée. La chaleur est évacuée à la pression de 10 kPa

1. Représenter le cycle dans le diagramme T.S
2. Déterminer:
 - a) Le rendement thermique du cycle
 - b) La quantité de chaleur évacuée
 - c) Le travail net produit

Solution:

| | |
|-----|-------|
| 7.5 | 40.29 |
| 10 | 45.81 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|----------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 245 | 3.648 | 0.001240 | 0.05471 | 1056.71 | 1546.7 | 2603.4 | 1061.23 | 1741.7 | 2803.0 | 2.7472 | 3.3012 | 6.1083 |
| 250 | 3.973 | 0.001251 | 0.05013 | 1080.39 | 1522.0 | 2602.4 | 1085.36 | 1716.2 | 2801.5 | 2.7927 | 3.2802 | 6.0730 |

d'après les tables thermodynamique , à P= 10 kPa on a la température de saturation correspondante =45.81 °C = 318.81 K

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{318.81}{523} = 0.3904$$

$$Q_f = T_f(s_{1l} - s_{4v}) = 318.81(2.7927 - 6.073) = -1045.8 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{net} = (T_c - T_f)(s_{4v} - s_{1l}) = (250 - 45.81)(6.073 - 2.7927) = 669.8 \text{ kJ/kg}$$

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle d'Otto

Le moteur à combustion interne à quatre temps, comme celui d'une voiture, fonctionne sous ce cycle

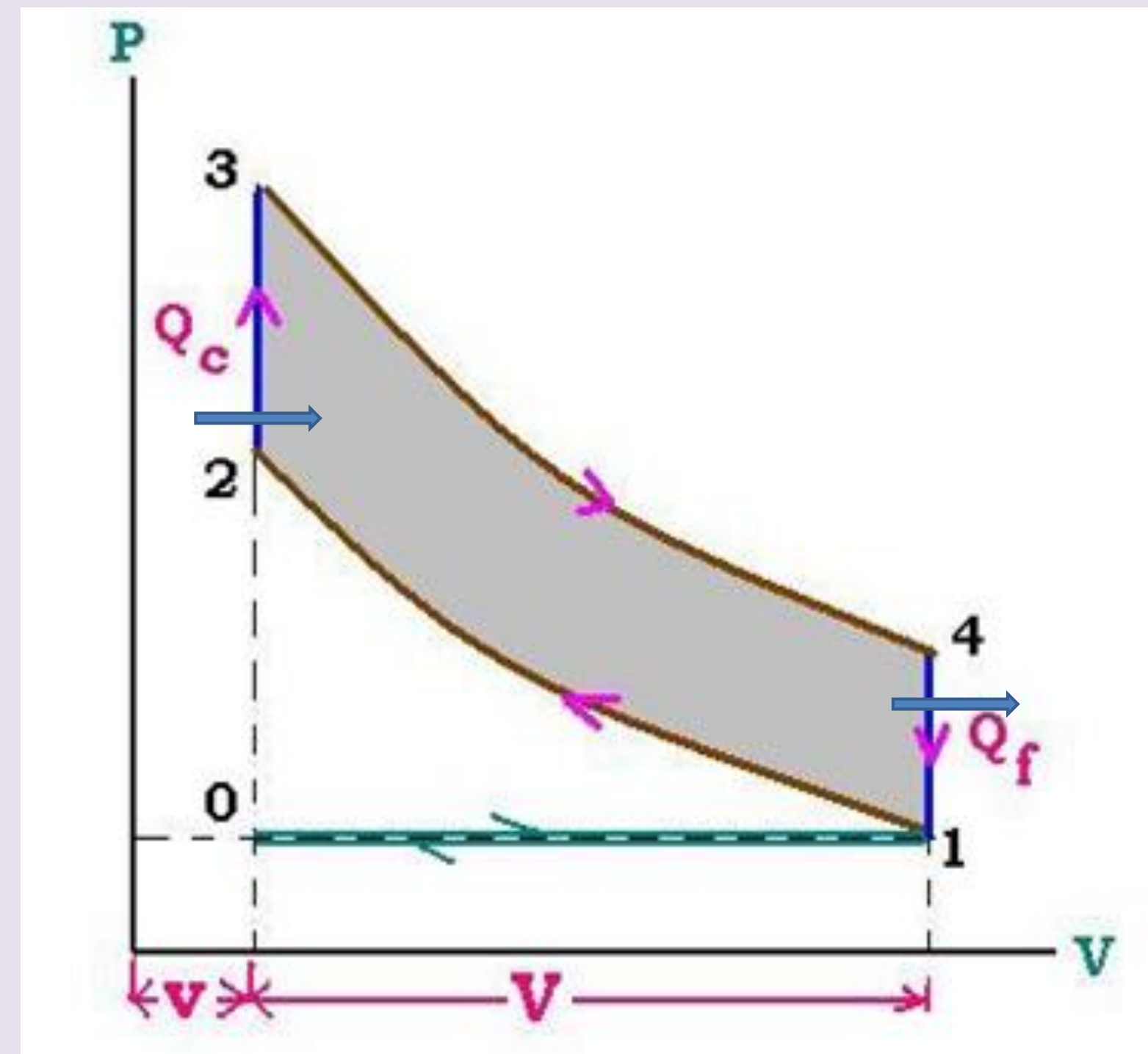
Taux de compression volumique:
 $\tau = (V + v)/v$

V = volume pendant la course du piston
 v = volume de la chambre de combustion

T_c est la température de la source chaude

T_f est la température de la source froide

Le point 0 est appelé *le point mort haut: PMH*
 Le point 1 est appelé *le point mort bas: PMB*



Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle d'Otto

Le temps 0-1 Le volume augmente de v à V de façon isobare

Le temps 1-2

Le gaz est comprimé de façon adiabatique et réversible, le volume du cylindre diminue de $(V + v)$ à v , sa pression augmente de P_1 à P_2 , et sa température augmente de T_1 à T_2

On a donc

$$Q = 0 \rightarrow W = - \Delta H = - C_p \Delta T = -C_p (T_2 - T_1),$$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$P_2 = P_1 (V_1/V_2)^\gamma = P_1 [(V + v)/v]^\gamma$$

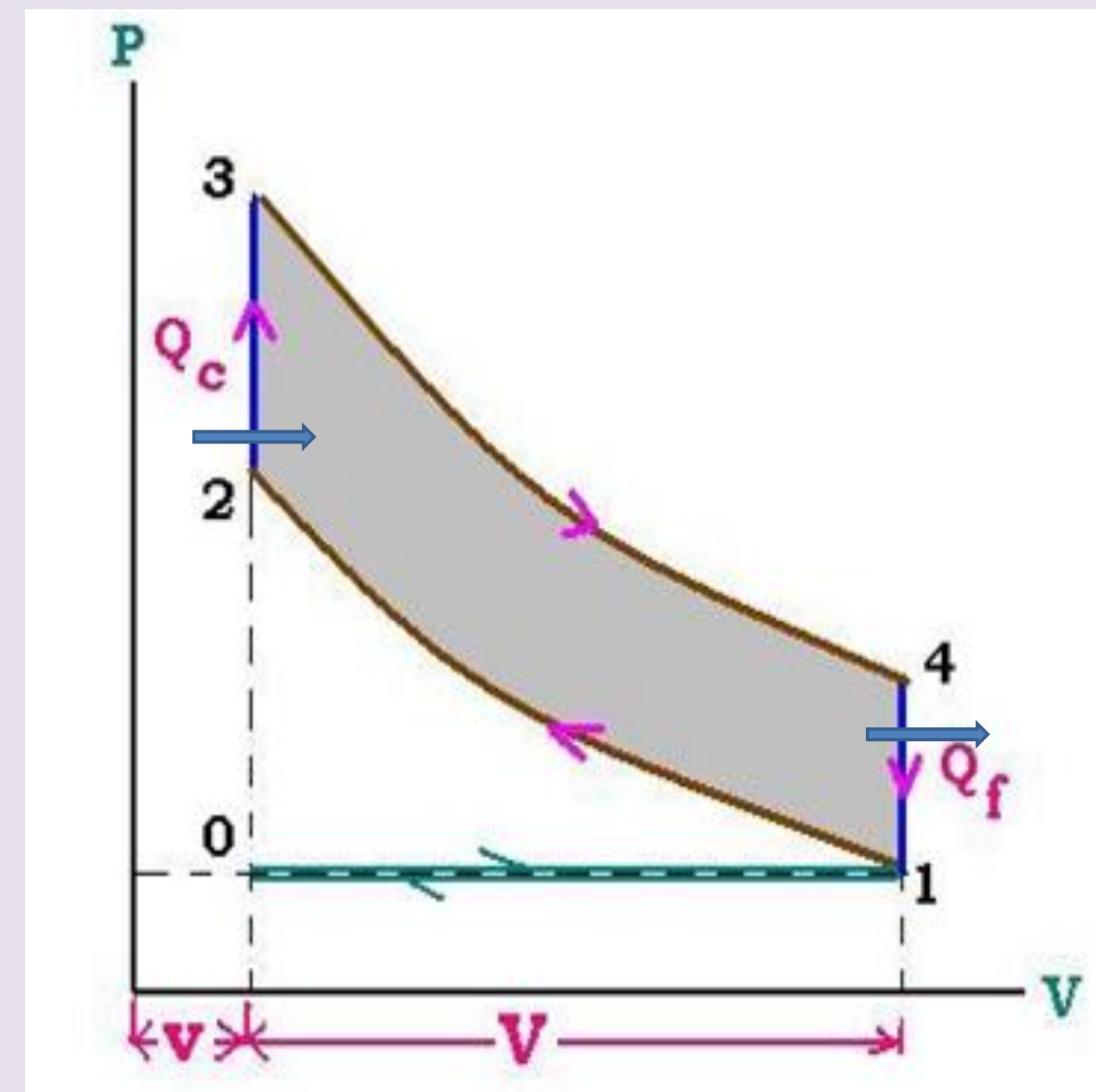
$$P_2 = P_1 \tau^\gamma$$

$$T_2/T_1 = (V_1/V_2)^{\gamma - 1} = (P_2/P_1)^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$T_2 = T_1 [(v + V)/v]^{\gamma - 1}$$

$$T_2 = T_1 [\tau]^{\gamma - 1}$$

τ :Taux de compression



Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle d'Otto

Le temps 2-3

La combustion étant isochore, donc la chaleur fourni aux gaz est

$$Q_c = \Delta U = C_v \Delta T = C_v (T_3 - T_2)$$

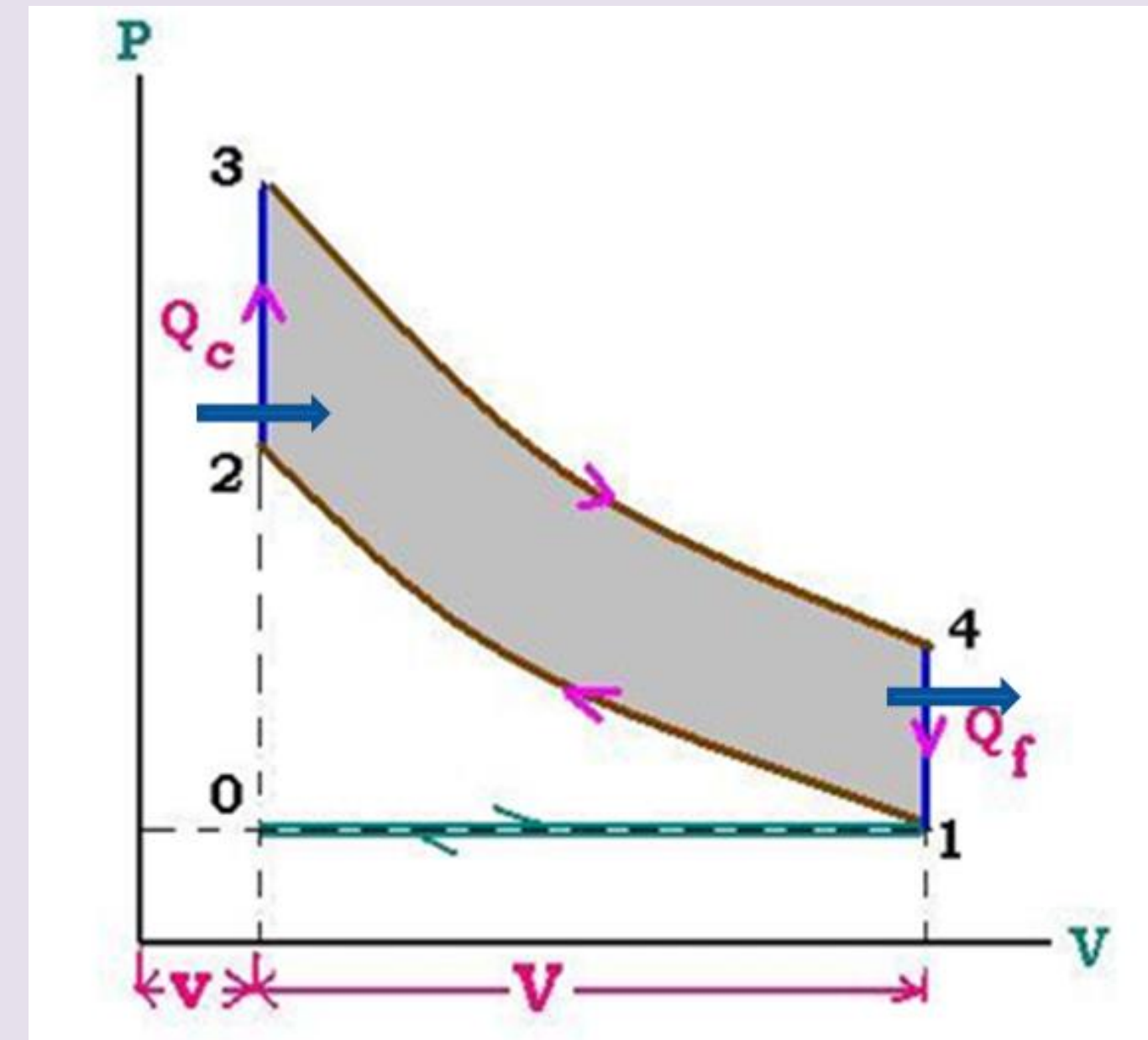
$$D'où T_3 = Q_c / C_v + T_2$$

$$\text{Comme } P_3 / P_2 = T_3 / T_2$$

$$\text{donc: } P_3 = P_2 (T_3 / T_2) = P_1 \tau^\gamma (T_3 / T_2)$$

$$P_3 = P_1 \tau^\gamma (Q_c / T_2 \cdot C_v + 1)$$

$$P_3 = P_1 \tau^\gamma [(Q_c / (T_1 [\tau]^{\gamma-1}) C_v) + 1]$$



CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étage avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle d'Otto

Le temps 3-4 La transformation est adiabatique réversible

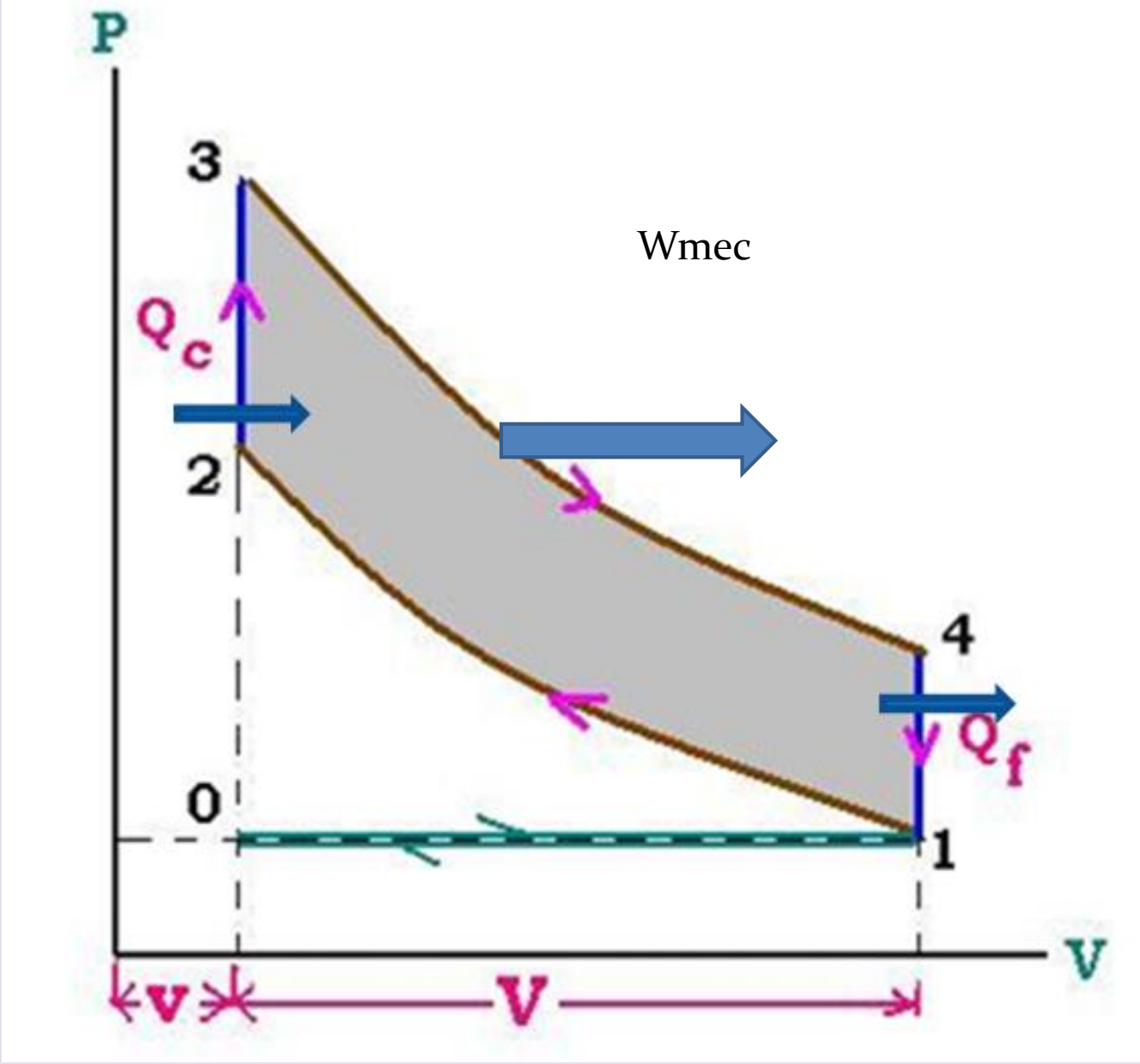
Les gaz se détendent en fournissant un travail mécanique

$$T_4/T_3 = (V_3/V_4)^{\gamma - 1} = [v/(V + v)]^{\gamma - 1} = [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$T_4 = T_3 [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$\text{On } P_3 V_3^\gamma = P_4 V_4^\gamma$$

$$\text{Donc: } P_4 = P_3 (V_3/V_4)^\gamma = P_3 [v/(V + v)]^\gamma = P_3 [1/\tau]^\gamma$$



CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson
 Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle d'Otto

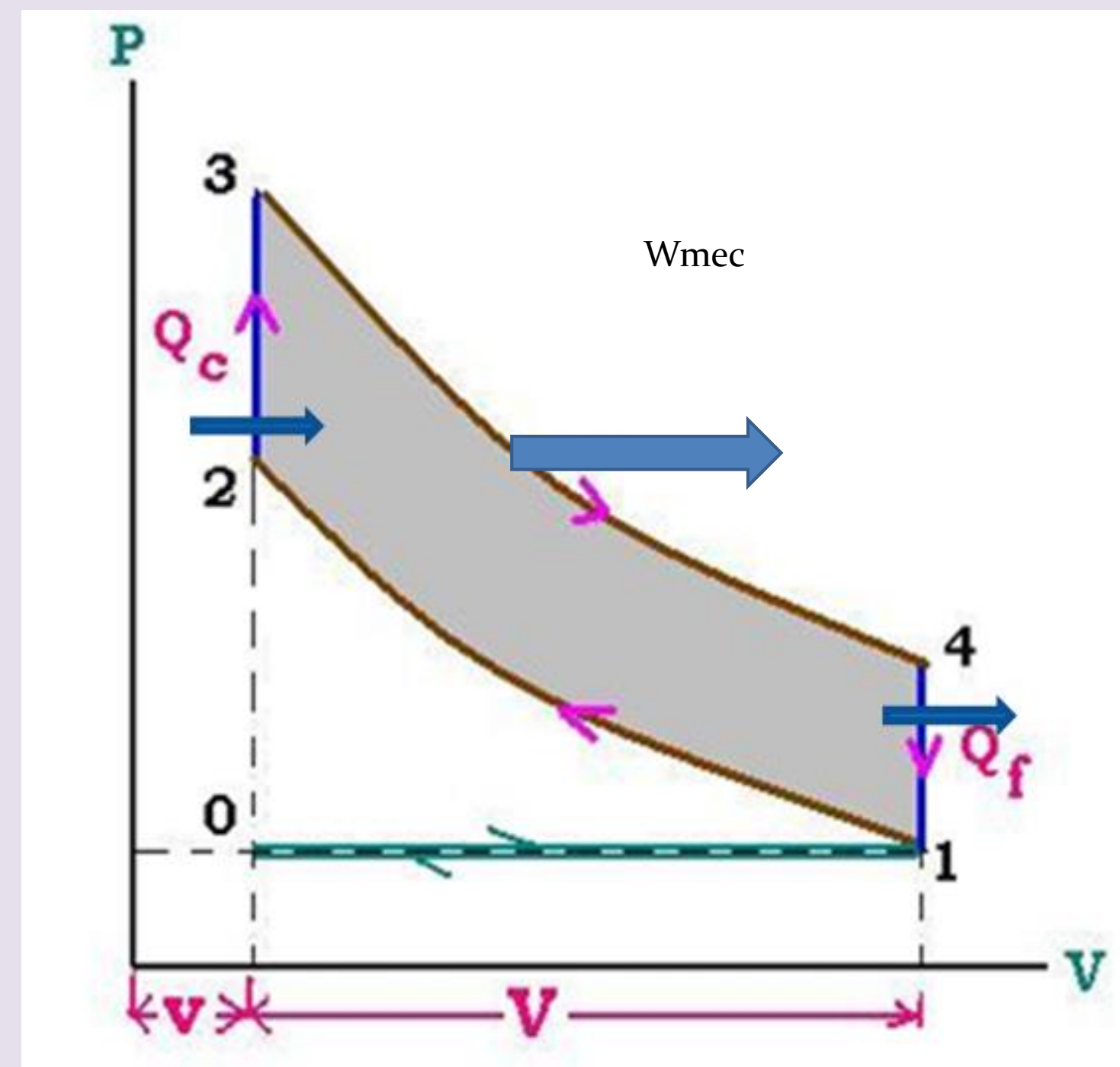
Le temps 4-1

Le système cède de la chaleur à l'extérieur.

$$Q_f = C_v \Delta T = C_v (T_1 - T_4) = C_v (T_1 - T_3 [1/\tau]^{\gamma - 1})$$

Le temps 1-0

Les gaz dégagent à l'atmosphère de façon isobare et le cycle recommence.



Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étage avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle d'Otto

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Le rendement:

$$\eta = 1 - (|Q_f|/Q_c) = 1 - |(C_v (T_1 - T_4)|/C_v (T_3 - T_2))$$

$$Q_f/Q_c = C_v (T_1 - T_4)/C_v (T_3 - T_2)$$

$$= (T_1 - T_3 [1/\tau]^{\gamma-1}) / (T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma-1})$$

$$= [1/\tau]^{\gamma-1} (T_1 [\tau]^{\gamma-1} - T_3) / (T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma-1}) = -[1/\tau]^{\gamma-1}$$

Donc: $|Q_f|/Q_c = [1/\tau]^{\gamma-1}$

$$\eta_{otto} = 1 - (1/\tau)^{\gamma-1}$$

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle d'Otto

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

EXERCICE Cycle d'Otto

Le taux de compression d'un cycle d'Otto théorique est de 8. Au début de la course de compression , la pression est de 0.1 Mpa et la température est de 15°C. La chaleur fournie à l'air par cycle est de 1800 kJ/kg d'air.

Déterminer:

- 1. La pression et la température à la fin de chaque évolution du cycle**
- 2. Le rendement thermique**

Données

$R(\text{air}) = 287 \text{ J/kg.K}$

$C_v(\text{air}) = 710 \text{ J/kg.K}$

$\gamma = 1.4$

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étage avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle Diesel

2-3 où la chaleur reçue Q_c se fait à isobare = pression constante

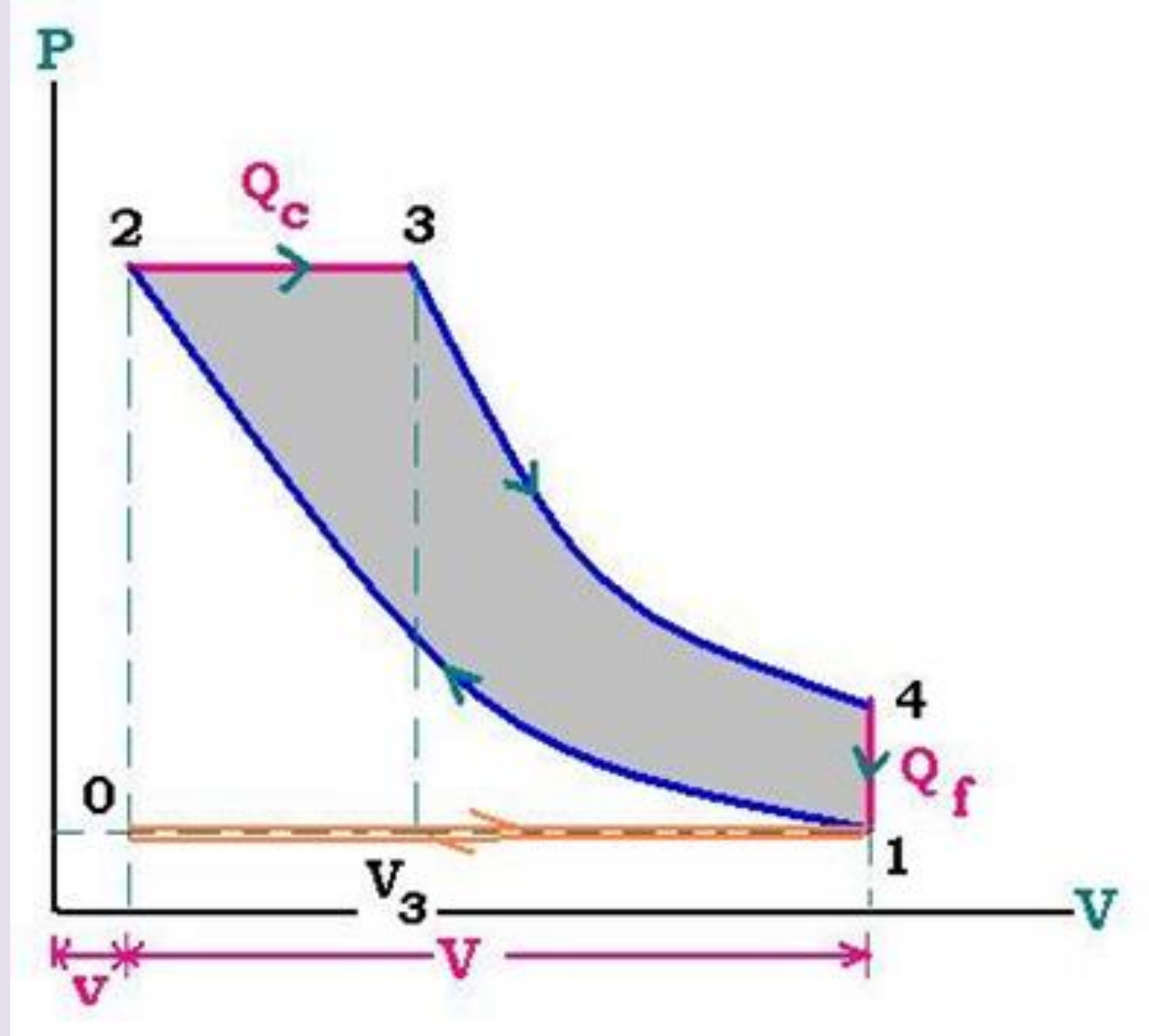
Nous avons: $P_2 = P_3,$

Le volume change de V_2 à V_3

$$Q_c = \Delta H = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2)$$

D'où

$$T_3 = Q_c / C_p + T_2$$



CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson
 Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle Diesel

2-3 où la chaleur reçue Q_c se fait à isobare = pression constante

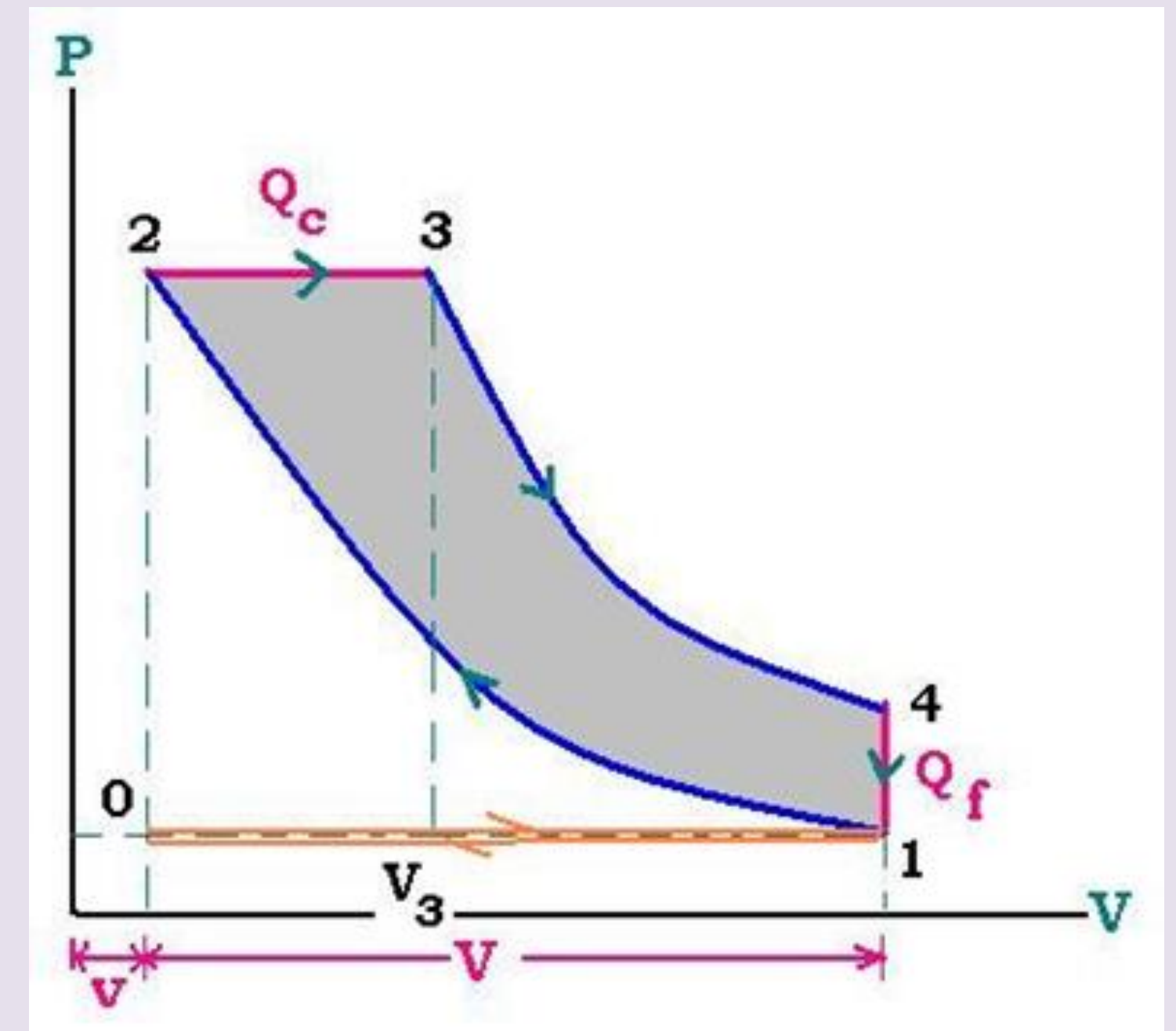
Nous avons: $P_2 = P_3$,

Le volume change de V_2 à V_3

$$Q_c = \Delta H = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2)$$

D'où

$$T_3 = Q_c / C_p + T_2$$



CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle Diesel

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Le taux de détente volumique $\tau(3-4)$ est le rapport de V_3 et V_4

$$V_4 = V_1 \text{ et } P_2 = P_3$$

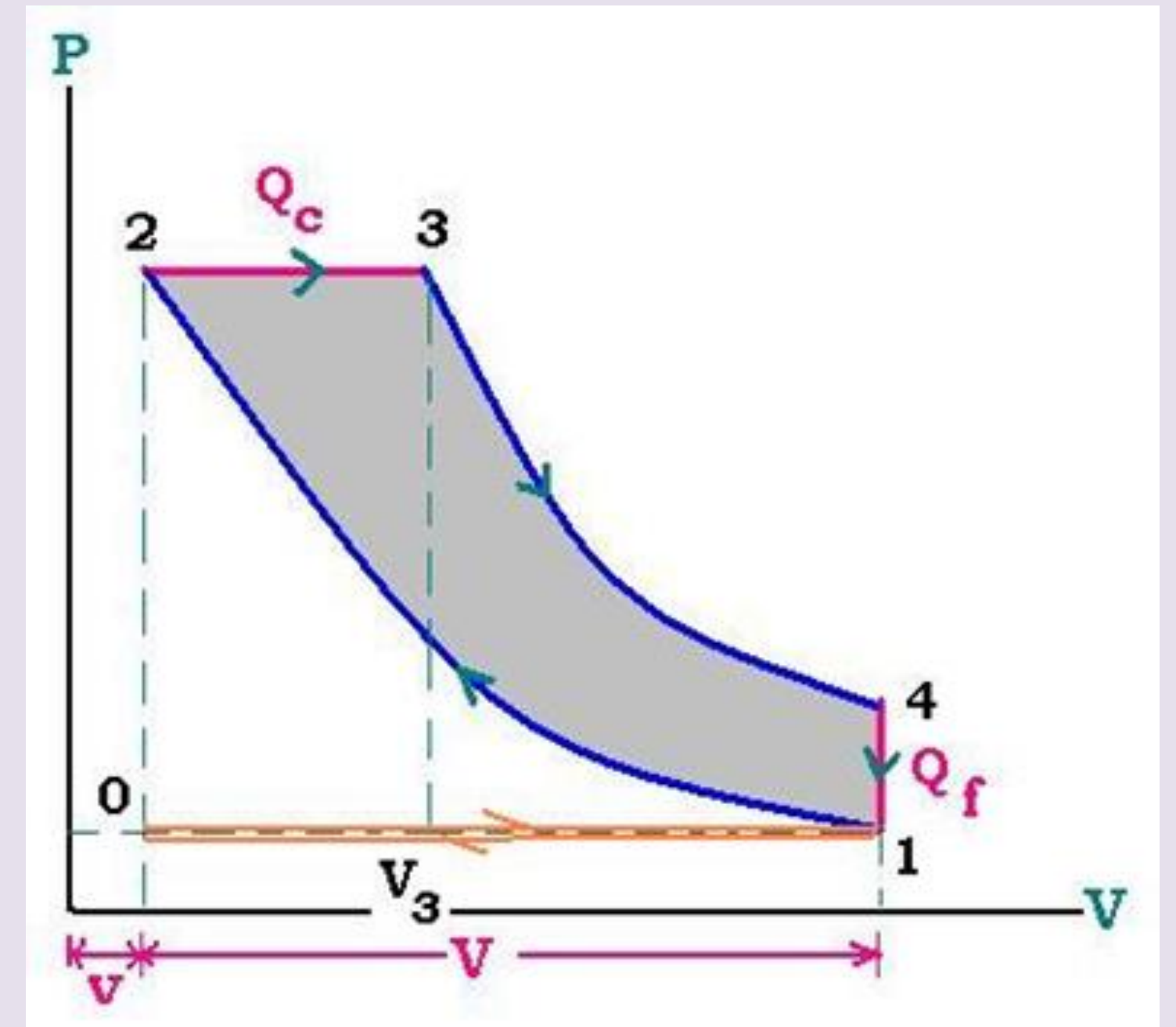
Dans le cas d'un gaz parfait on a:

$$V_3 = RT_3/P_3 \text{ et } V_4 = V_1 = RT_1/P_1$$

$$\rightarrow V_3/V_4 = (T_3/T_1) \times (P_1/P_3)$$

$\tau(1-2)$ est le taux de compression volumique pendant la phase 1-2.

$$\tau(1-2) = (V_1/V_2) = (P_2/P_1)^{1/\gamma} \quad \text{Donc:} \quad \tau(3-4) = (T_3/T_1) / \tau(1-2)^\gamma$$



Le rendement: $\eta = 1 - (|Q_f|/Q_c)$

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle Diesel

EXERCICE Cycle Diesel

Le taux de compression d'un cycle diesel théorique est de 16. Au début de la course de compression , la pression est de 0.1 Mpa et la température est de 15°C. La chaleur fournie à l'air par cycle set de 1800 kJ/kg d'air.

Déterminer:

- 1. La pression et la température à la fin de chaque évolution du cycle**
- 2. Le rendement thermique**

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

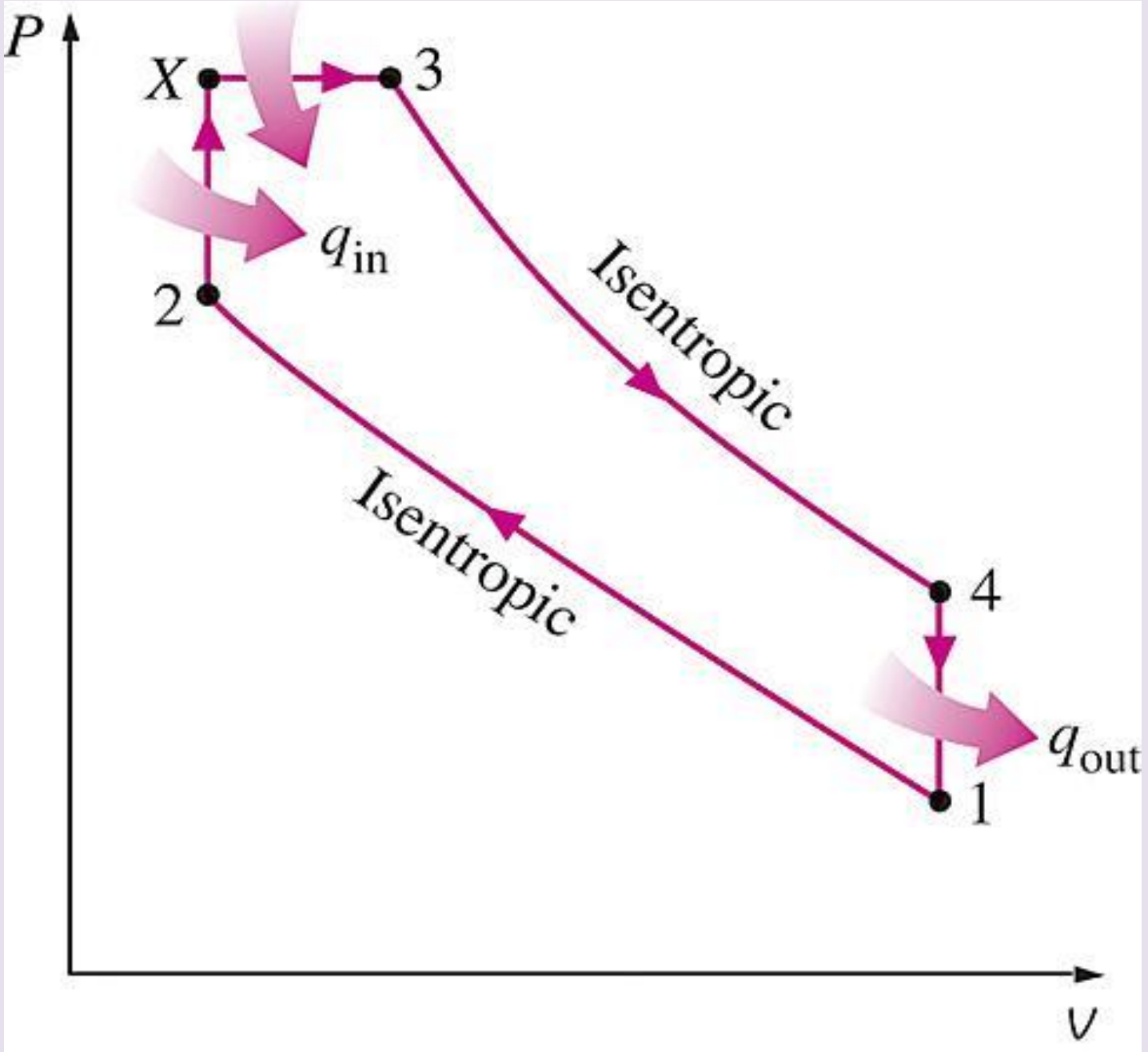
Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle mixte

on peut combiner les deux cycles (on peut fournir au système une partie de la chaleur à volume constant, Otto et une autre partie à pression constante; Diesel.



CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle de Brayton

1-2 Le processus étant adiabatique

$$T_2 = T_1 [P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1,$$

donc $T_2 - T_1 = T_1 [[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$

ou, avec $\tau = P_2/P_1$

$$T_2 - T_1 = T_1 [[\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

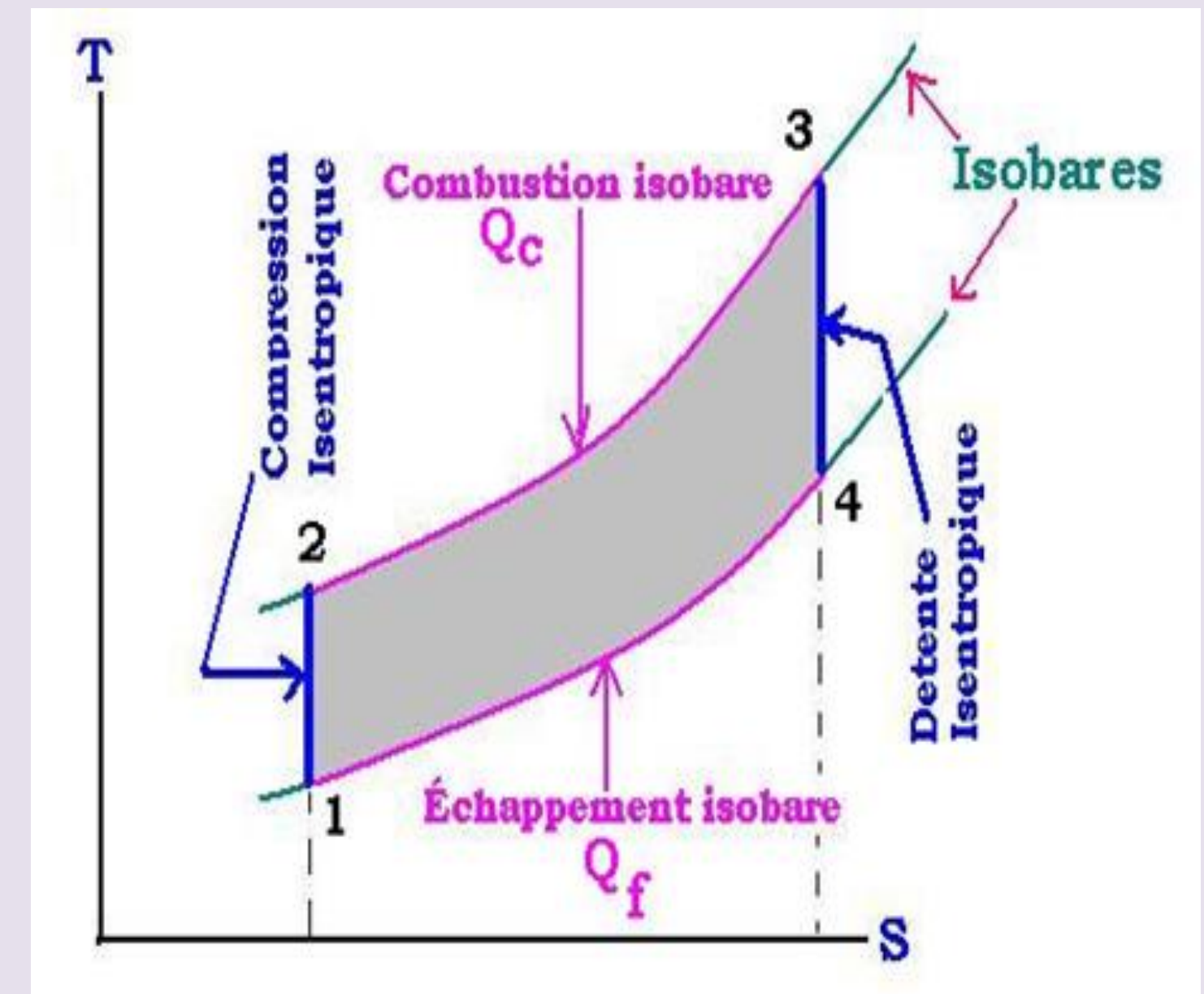
et $W(\text{reçu}) = C_p \Delta T = C_p (T_2 - T_1)$

2-3: au niveau de la chambre de combustion:

le processus est isobare $P_2 = P_3$.

la température s'élève de T_2 à T_3 .

Nous avons: $Q_c = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2)$



CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle de Brayton

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Processu 3-4: au niveau de la turbine:

La température baisse de T_3 à T_4 .

Le processus est adiabatique ,donc $Q = 0$

$$\rightarrow W = - \Delta H = - C_p \Delta T$$

$$W \text{ (fourni)} = - C_p \Delta T \quad \text{avec } \Delta T = T_4 - T_3$$

$$W \text{ (fourni)} = - C_p (T_4 - T_3)$$

$$T_4 = T_3 [P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} \quad \text{donc } T_4 - T_3 = T_3 [[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

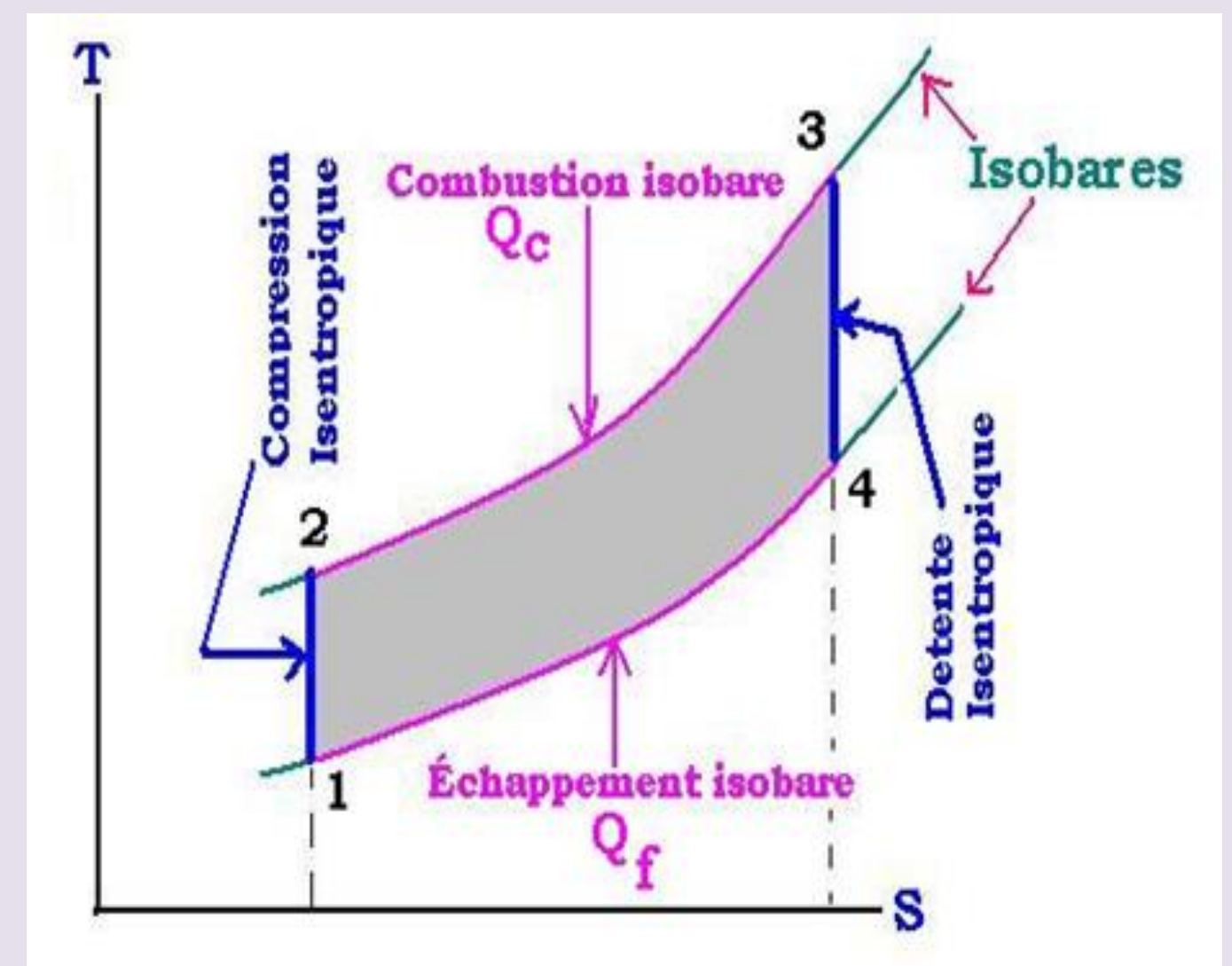
$$\text{où } T_4 = T_3 [1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} \quad \text{et } T_4 - T_3 = T_3 [[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

Processus 4-1 au niveau du refroidissement:

Durant le processus 4-1, qui est isobare, le gaz est refroidi en cédant une quantité de chaleur Q_f

$$\text{Nous avons } Q_f = -C_p \Delta T = -C_p (T_1 - T_4)$$

$$T_1 - T_4 = T_1 - T_3 [1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$



CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle de Brayton

Le rendement de cette machine est : $\eta = W(\text{net})/W(\text{reçu})$

$$= [W(\text{reçu}) - |W(\text{fourni})|] / W(\text{reçu})$$

Reçu au niveau du compresseur et fourni au niveau de la turbine.

$$W(\text{net}) = W(\text{reçu}) - W(\text{fourni}) = C_p(T_2 - T_1) - C_p(T_4 - T_3)$$

$$\eta = [C_p(T_2 - T_1) - C_p(T_4 - T_3)] / [C_p(T_2 - T_1)] = 1 - [(T_4 - T_3) / (T_2 - T_1)]$$

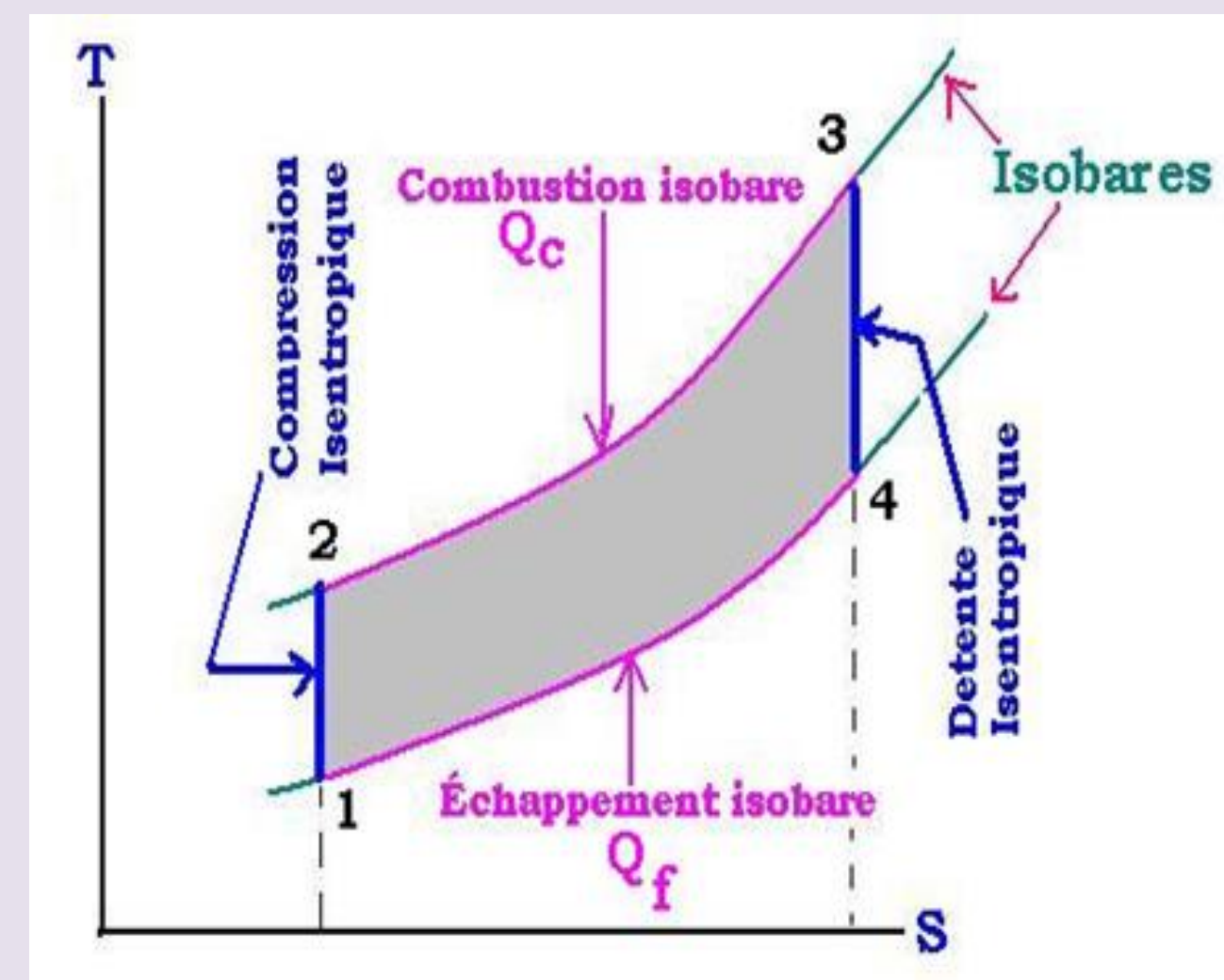
$$\eta = (Q_c - Q_f) / Q_c = 1 - (Q_f / Q_c)$$

$$= 1 - [C_p(T_1 - T_4) / C_p(T_3 - T_2)]$$

$$= 1 - [(T_1 - T_4) / (T_3 - T_2)]$$

Soit le taux de compression : $\tau_p = P_2/P_1 = P_3/P_4$

$$\eta_{\text{brayton}} = 1 - [(1/\tau_p)^{(\gamma - 1)/\gamma}]$$



Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle de Brayton

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Exercice cycle de Brayton

Dans un cycle de Brayton théorique, l'air entre dans le compresseur à 0.1 Mpa et 15°C . La pression de sortie du compresseur est de 0.5 Mpa et la température maximale du cycle est de 900°C;

Déterminez

- 1. La pression et la température à chaque point du cycle**
- 2. Le travail du compresseur**
- 3. Le travail de la turbine**
- 4. Le rendement du cycle**

Données:

$$C_p = 1,0035 \text{ kJ/Kg.K}$$

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d’Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

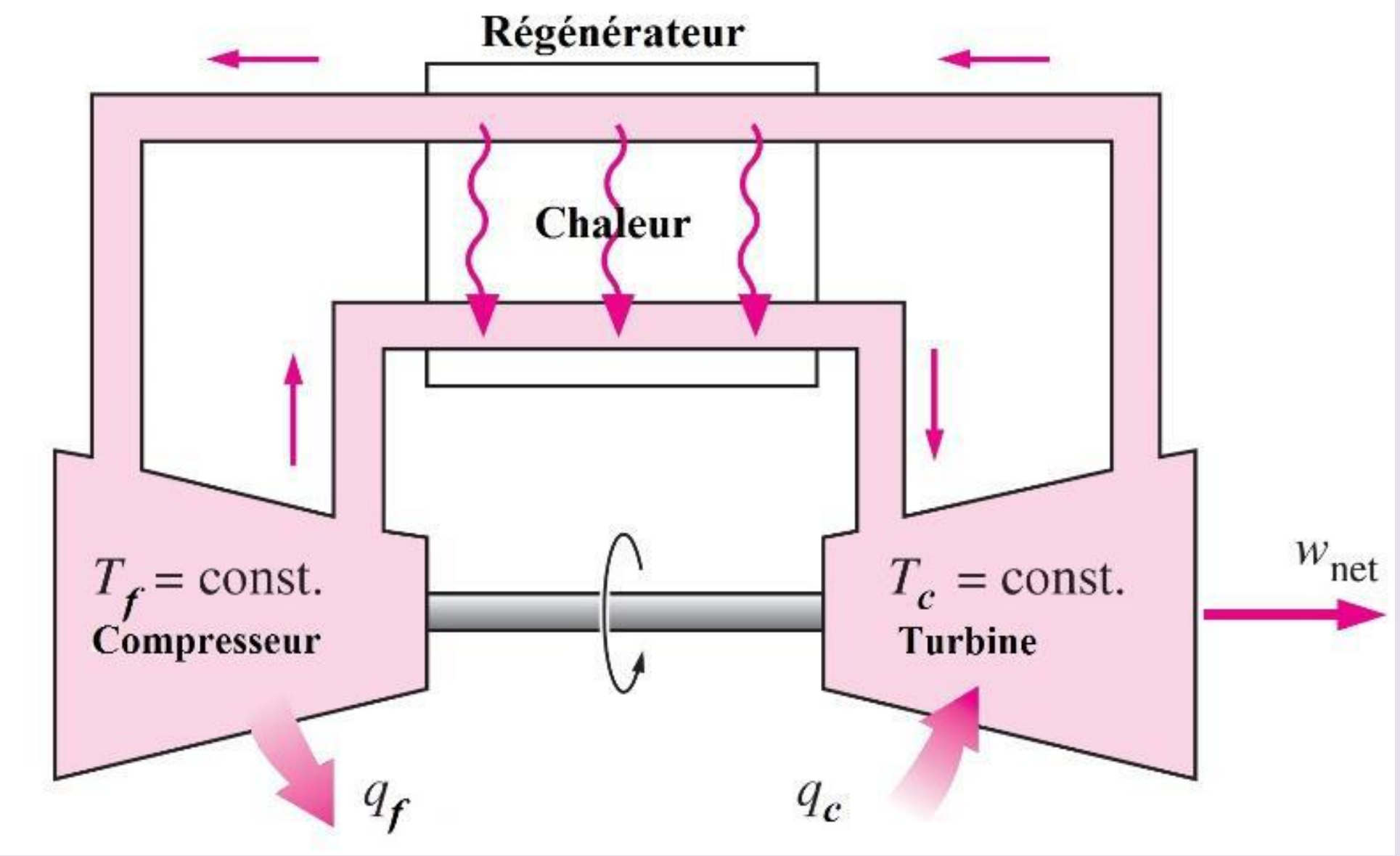
Cycle d’Ericsson
 Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle d’Ericsson
 Cycle de Stirling

Il existe deux autres cycles qui impliquent un processus d'addition de chaleur isotherme à T_c et un processus de rejection de chaleur isotherme à T_f ; le cycle de Stirling et le cycle d'Ericsson. Ils diffèrent du cycle Carnot en ce que les deux processus isentropiques sont remplacés par deux processus de régénération à volume constant dans le cycle de Stirling, et par deux processus de régénération à pression constante dans le cycle Ericsson



Moteur fonctionnant avec le cycle d’Ericsson.

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson
 Cycle de Stirling

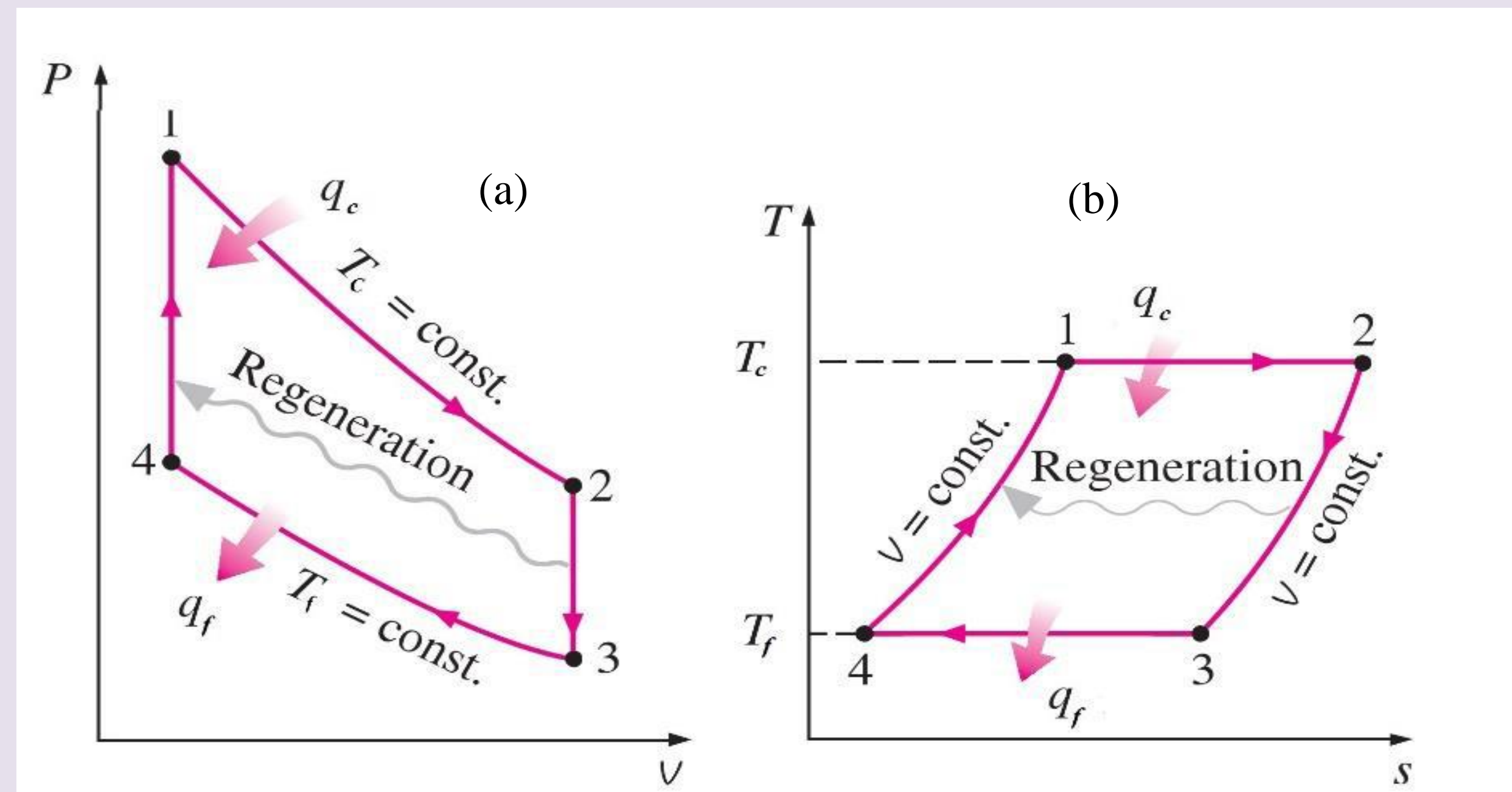
Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle d'Ericsson
 Cycle de Stirling

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

- 1-2. $T=Cte$, Détente isotherme (ajout de chaleur de la source externe-source chaude).
- 2-3. $V=Cte$, Régénération (transfert de chaleur interne de fluide de travail vers le régénérateur).
- 3-4. $T=Cte$, Compression isotherme (Rejet de chaleur vers la source froide).
- 4-1. $V=Cte$, Régénération (transfert de chaleur interne du régénérateur au fluide de travail).



Cycle de Stirling (a) Diagramme PV, (b) Diagramme TS.

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson
 Cycle de Stirling

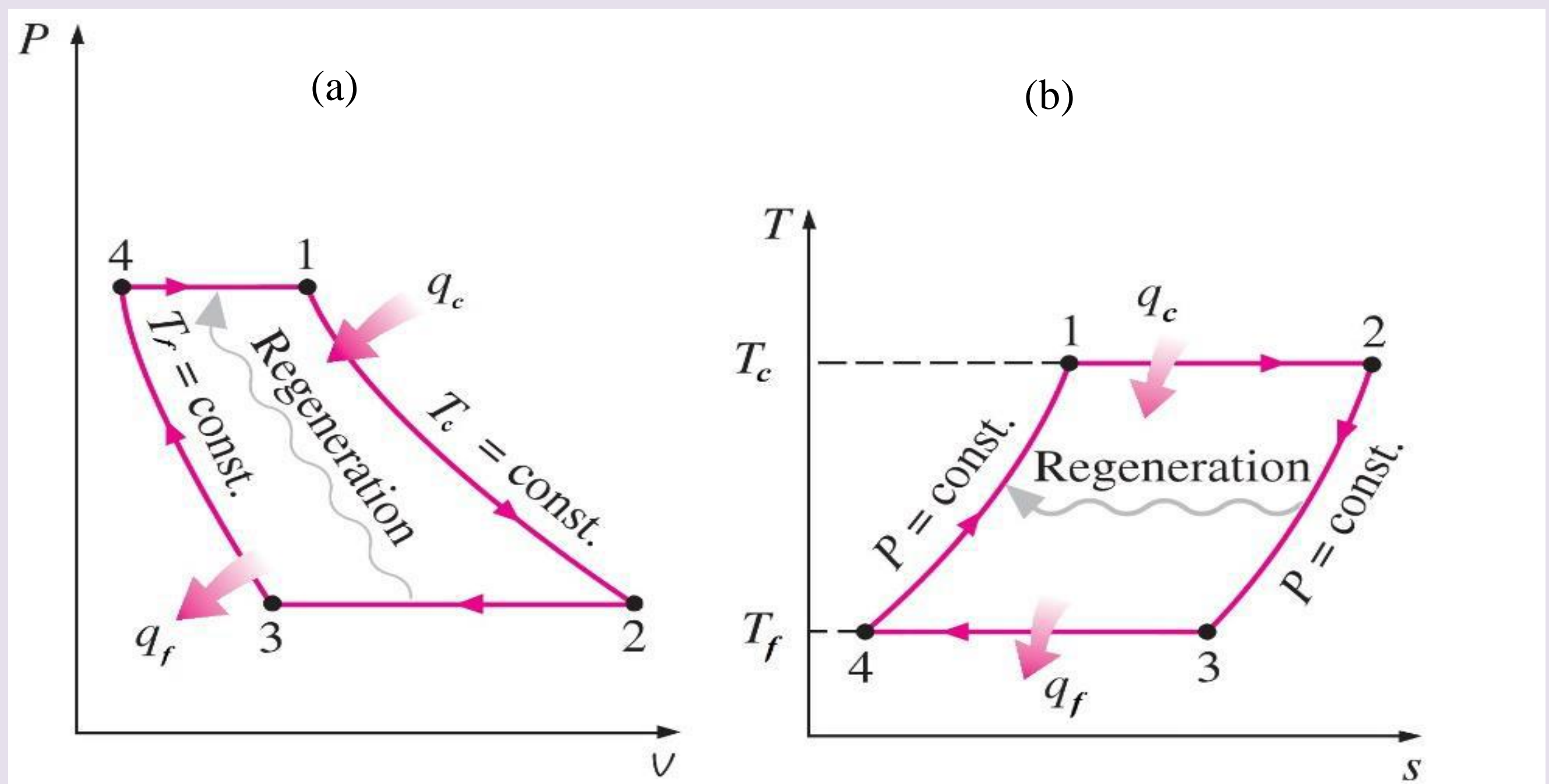
Cycle multi étage avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle d'Ericsson
 Cycle de Stirling

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Le cycle Ericsson ressemble beaucoup au cycle de Stirling, sauf que les deux les processus à volume constant sont remplacés par deux processus à pression constante



. Cycle de Ericsson (a) Diagramme PV, (b) Diagramme TS.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d’Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d’Ericsson
 Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle d’Ericsson
 Cycle de Stirling

Les cycles de Stirling et d’Ericsson sont totalement réversibles, de même que le cycle de Carnot, et donc selon le principe de cycle de Carnot, les trois cycles doivent obligatoirement avoir même rendement thermique en cas de fonctionnement entre la même température limites:

$$\eta_{th,Stirling} = \eta_{th,Ericsson} = \eta_{th,Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

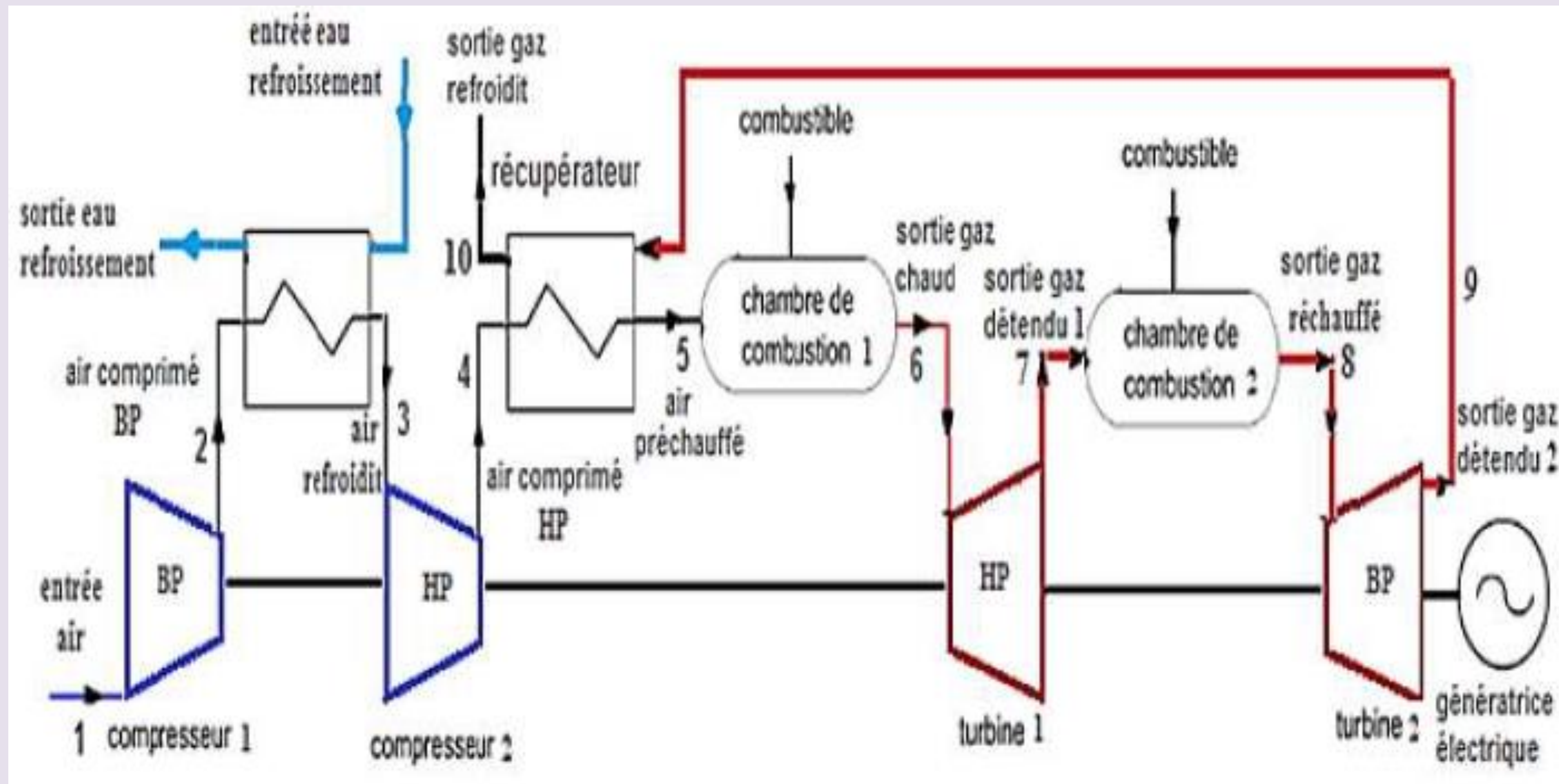
Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

On peut améliorer le rendement thermique du cycle et augmenter en même temps le travail donc la puissance de l'installation de turbine à gaz en ajoutant au cycle simple de Joule ou de Baryton :

- Un refroidissement intermédiaire de l'air en utilisant une compression bi étagée (éventuellement multi étagée), dans deux corps de compresseur $C1$ et $C2$, entraînant ainsi une réduction de travail de compression.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire



Installation de turbine à gaz avec cycle à détente et compression multi étagées avec refroidissement intermédiaire, récupération et réchauffe intermédiaire.

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

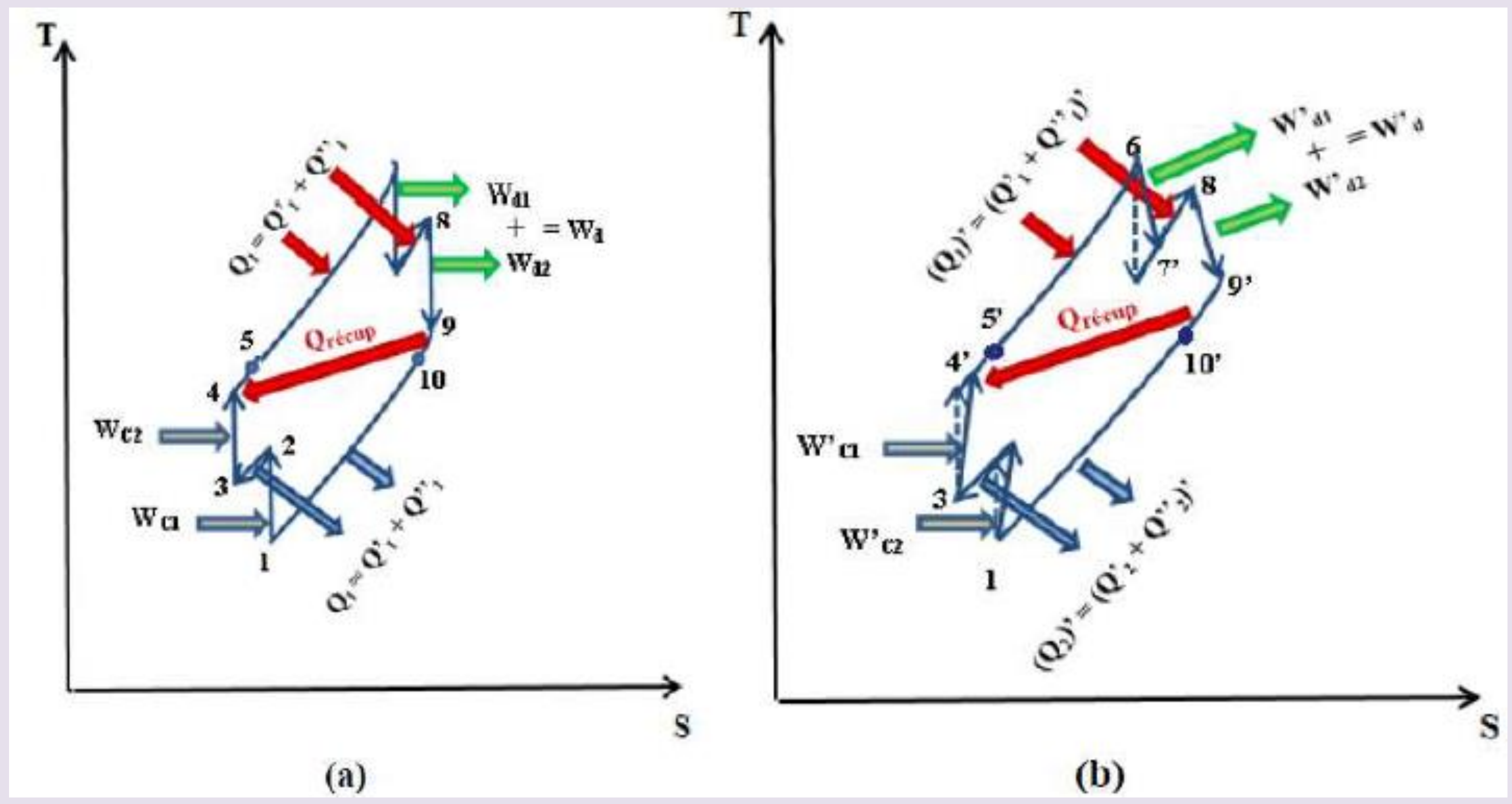
Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire



Cycle d'une installation de turbine à gaz avec à détente et compression multi étagées avec refroidissement intermédiaire, récupération et réchauffe intermédiaire : (a) réversible (b) irréversible.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Une récupération de chaleur (ou régénération) en utilisant un récupérateur (régénérateur) à surface servant à préchauffer l'air comprimé, sortant du compresseur C2 avant son entrée dans la chambre de combustion, par l'intermédiaire de la chaleur des gaz chauds sortant du deuxième corps de turbine T2 avant leur évacuation vers l'atmosphère. Une réchauffe (deuxième combustion), des gaz sortant de la turbine T1, dans la deuxième chambre de combustion Ch-C2 avant leur admission dans le deuxième corps de turbine T2 pour une deuxième détente.

Cette augmentation du rendement thermique du cycle et de la puissance se fait au détriment d'un coût plus élevé et d'une complexité de de l'installation correspondante.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

En considérant Cp et la masse (m) du fluide moteur invariables, le bilan énergétique des cycles réversible (1-2-3-4-10-5-6-7-8-9-1) et irréversible (1-2'- 3-4'-10'-5-6'-7-8'-9'-1) désigné par les figure a et b} donne respectivement les travaux de compression et de détente ainsi que les quantités de chaleur échangées:

$$W_{C1} = W_{1-2} = (H_2 - H_1) = m.Cp.(T_2 - T_1) \quad \text{réversible}$$

$$W_{C2} = W_{3-4} = (H_4 - H_3) = m.Cp.(T_4 - T_3) \quad \text{réversible}$$

$$W_{T1} = W_{6-7} = (H_7 - H_6) = m.Cp.(T_7 - T_6) \quad \text{réversible}$$

$$W_{T2} = W_{8-9} = (H_9 - H_8) = m.Cp.(T_9 - T_8) \quad \text{réversible}$$

$$Q_1 = Q_{Ch-C1} + Q_{Ch-C2} = Q_{5-6} + Q_{7-8} \quad \text{réversible}$$

$$= m.Cp[(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)]$$

$$Q_2 = Q_{2-3} + Q_{10-1} = m.Cp[(T_3 - T_2) + (T_1 - T_{10})] \quad \text{réversible}$$

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Cycle multi étagé avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Cycle de refroidissement et réchauffe intermédiaire :

Et nous avons pour le cycle irréversible :

$$W'_{C1} = W_{1-2'} = (H_{2'} - H_1) = m.Cp.(T_{2'} - T_1) \quad \text{irréversible}$$

$$W'_{C2} = W_{3-4'} = (H_{4'} - H_3) = m.Cp.(T_{4'} - T_3) \quad \text{irréversible}$$

$$W'_{T1} = W_{6-7'} = (H_{7'} - H_6) = m.Cp.(T_{7'} - T_6) \quad \text{irréversible}$$

$$W'_{T2} = W_{8-9'} = (H_{9'} - H_8) = m.Cp.(T_{9'} - T_8) \quad \text{irréversible}$$

$$Q'_2 = Q_{2'-3} + Q_{10'-1} = m.Cp[(T_3 - T_{2'}) + (T_1 - T_{10'})] \quad \text{irréversible}$$

Les rendements thermiques correspondants sont :

$$\eta_{th} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{(T_2 - T_3) + (T_{10} - T_1)}{(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)} \quad \text{réversible}$$

$$\eta'_{th} = 1 - \frac{|Q'_2|}{|Q'_1|} = 1 - \frac{(T_{2'} - T_3) + (T_{10'} - T_1)}{(T_6 - T_{5'}) + (T_8 - T_{7'})} \quad \text{irréversible}$$

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

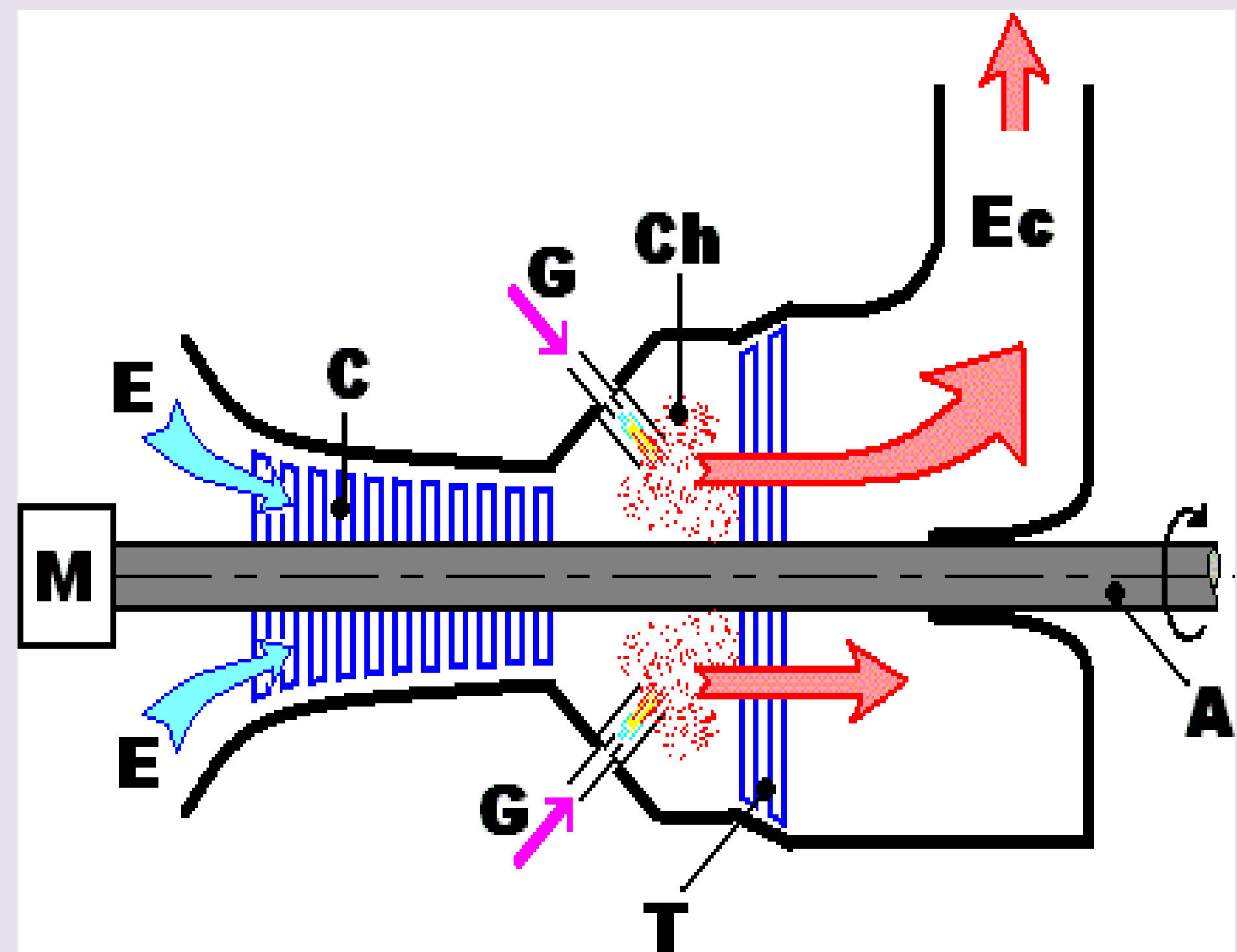
Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étage avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

La turbine à gaz est en fait un moteur à combustion interne (comme le moteur diesel), mais construit sous forme d'une turbine. La turbine se compose d'un axe moteur A qui entraîne un compresseur C. Le carburant G est injecté dans la chambre de combustion Ch et entraîne une turbine T. La charge à entrainer M se trouve du côté du compresseur (plus froid).



Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

CHAPITRE 1 . LES CYCLES DE PUISSANCE À UNE SEULE PHASE

Définition

Cycle de Carnot

Cycle d'Otto

Cycle Diesel

Cycle mixte

Cycle de Brayton

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

Cycle multi étage avec régénérateur, refroidissement et réchauffe intermédiaire

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

Différents composants d'une centrale thermique à gaz.

