

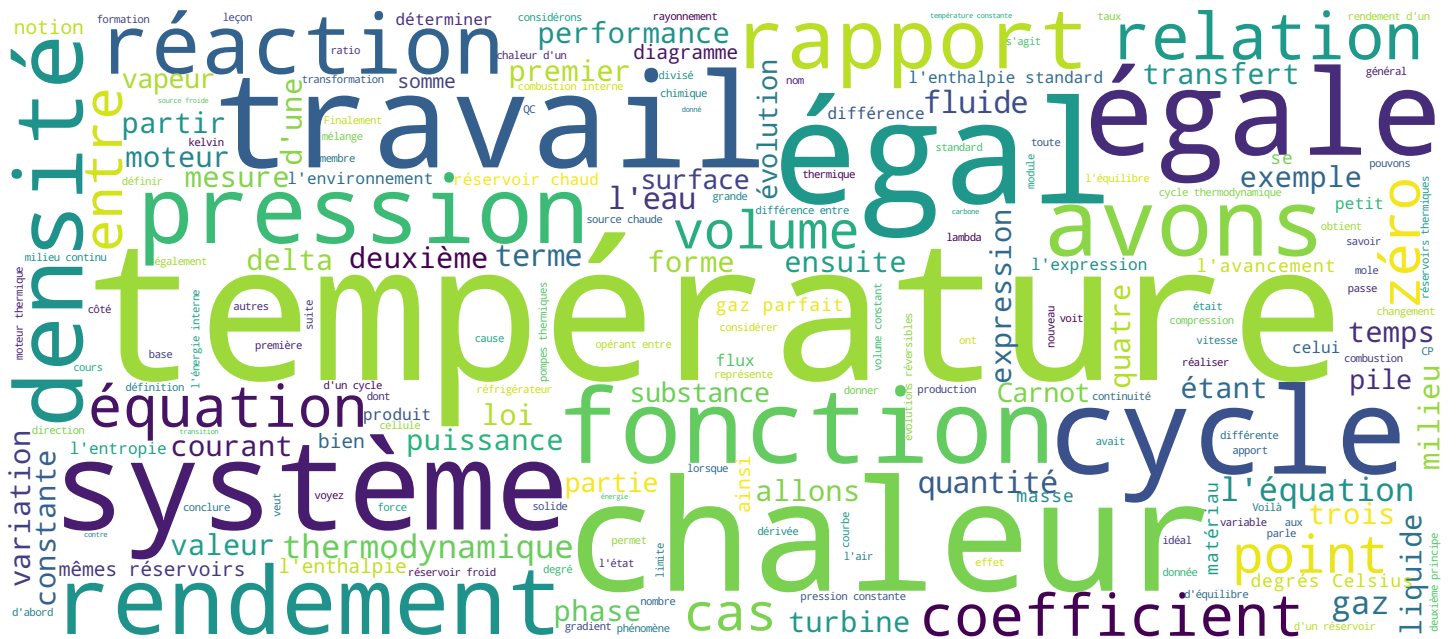
Thermodynamique

Cycles Thermodynamiques

 POLYTECHNIQUE MONTREAL Prof. Etienne Robert



Nicolas Léonard Sadi Carnot, 1796-1832



Search MOOC



Video



EPFL



- Définitions et généralités
- Rendements et coefficients de performance
- Le cycle de Carnot
- Corollaires du deuxième principe
- Types de cycles thermodynamiques pratiques

Thermodynamique

Bonjour. Bienvenue à la leçon sur les thermodynamique. Mon nom est Etienne Robert et je suis basé à l'École Polytechnique de Montréal. Dans cette première leçon, je vais commencer par introduire certains concepts de base sur les thermodynamique avant de présenter de manière plus formelle les notions de rendement et de coefficient de performance. Suivra ensuite le cycle de Carnot ainsi que les deux corollaires qu'il implique sur le deuxième principe de la thermodynamique, et je vais conclure par une brève description des différents types de thermodynamique qu'on rencontre dans la pratique.

Notes

Summary



0m 04s



• Réservoir thermique

- Océans, lacs, atmosphère

« Peut absorber ou perdre une quantité définie de chaleur sans changer de température »

Thermodynamique

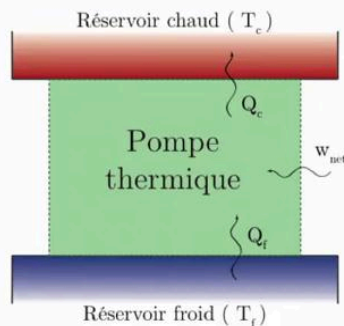
Commençons donc par la notion de réservoir thermique. C'est avec les réservoirs thermiques qu'un cycle échange de la chaleur. Pour l'analyse thermodynamique, il s'agit d'un concept idéalisé, qu'on suppose capable d'absorber ou de céder une quantité définie de chaleur sans changer de température. Ils sont donc caractérisés seulement par leur température. Pour la suite, TCD notera la température d'un réservoir chaud et TF celle d'un réservoir froid. En pratique, les réservoirs thermiques peuvent être des océans, des lacs, l'atmosphère ou une substance qui changent de phase à pression constante.

Notes

Summary



0m 30s



● Réservoir thermique

- Océans, lacs, atmosphère

« Peut absorber ou perdre une quantité définie de chaleur sans changer de température »

● Machine thermique

- Moteur: produit du travail à partir de la chaleur.
- Pompe thermique : utilise du travail pour transférer de la chaleur contre un gradient de température.
- Cycle thermodynamiques

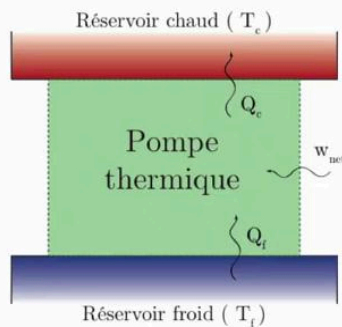
Thermodynamique

On appellera machine thermique un système qui accepte de la chaleur d'un réservoir chaud, produit un travail net et transmet le reste de la chaleur à un réservoir froid. Les échanges entre le système et son environnement seront dénoté Q_c et Q_f . Pour les transports thermiques et w_{net} pour le travail, la pompe thermique effectue l'opération inverse. Elle reçoit de la chaleur, d'un réservoir froid et un travail de son environnement et rejette le tout dans un réservoir chaud. Les machines et les pompes thermiques sont basées sur l'utilisation de cycle thermodynamique, c'est à dire sur une succession de transformations imposées à un volume de matière, généralement un fluide qui le ramène ultimement à son état initial et changeant au passage chaleur et travail avec l'environnement du système.

Notes

Summary





$$COP_{PT} = \frac{Q_C}{W_{entrée}} = \frac{Q_C}{Q_C - Q_F} = \frac{1}{1 - \frac{Q_F}{Q_C}}$$

$$COP_R = \frac{Q_F}{W_{entrée}} = \frac{Q_F}{Q_C - Q_F} = \frac{1}{\frac{Q_C}{Q_F} - 1}$$

- Mesure de performance :

$$\eta_{th} = \frac{\text{Sortie désirée}}{\text{Entrée fournie}}$$

- Moteur thermique : rendement

$$0 \leq \eta_{th} \leq 1$$

- Pompe thermique et réfrigérateur

$$0 \leq COP \leq 1$$

Thermodynamique

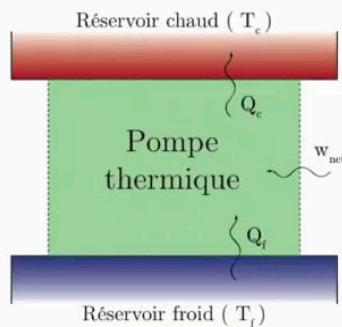
Pour quantifier la valeur des cycles thermodynamique, on a besoin de définir une notion de performance. On va en général parler de rendement qu'on va toujours définir comme étant le ratio entre une quantité qu'on désire par rapport à ce qu'on a fourni pour l'obtenir. Pour un moteur thermique, on désire obtenir du travail en fournissant de la chaleur à partir d'un réservoir chaud. Le rendement sera donc exprimé par le rapport entre le travail sortant et la chaleur entrante, ce qui équivaut à un moins le ratio entre la chaleur cédée au réservoir froid par rapport à celle obtenue du réservoir chaud. En vertu du premier principe, ce rendement sera toujours compris entre zéro et un. Pour les pompes thermiques, on doit considérer deux cas si on désire chauffer une maison, par exemple, on cherche plutôt à maximiser la chaleur transmise au réservoir chaud Q_C par rapport au travail fourni. Si, par contre, on cherche à maintenir quelque chose froid à l'aide d'un réfrigérateur, on cherchera plutôt à maximiser Q_F . Il faut donc considérer deux définitions pour mesurer la performance des pompes thermiques et réfrigérateurs. De plus, contrairement au rendement d'un moteur thermique, le premier principe n'impose pas à ces quantités d'être inférieur ou égal à un.

Notes

Summary



1m 42s



$$COP_{PT} = \frac{Q_C}{W_{entrée}} = \frac{Q_C}{Q_C - Q_F} = \frac{1}{1 - \frac{Q_F}{Q_C}}$$

$$COP_R = \frac{Q_F}{W_{entrée}} = \frac{Q_F}{Q_C - Q_F} = \frac{1}{\frac{Q_C}{Q_F} - 1}$$

- Mesure de performance :

$$\eta_{th} = \frac{\text{Sortie désirée}}{\text{Entrée fournie}}$$

- Moteur thermique : rendement

$$0 \leq \eta_{th} \leq 1$$

- Pompe thermique et réfrigérateur

$$0 \leq COP \leq 1$$

Thermodynamique

On parle donc en général de coefficient de performance ou CSP plutôt que de rendement avec le CSP des pompes thermiques définies comme le rapport entre la chaleur transmise à la source chaude et le travail fourni. Pour les réfrigérateurs, on considère le transfert à la source froide et dans les deux cas, on peut à nouveau exprimer les coefficients de performance comme étant seulement fonction du rapport de température Q_F sur Q_C pour la pompe thermique et Q_C sur Q_F pour le réfrigérateur.

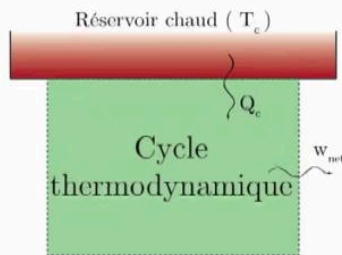
Notes

Summary



2m 51s

Énoncés du deuxième principe



• Énoncé de Clausius

« Aucun système ne peut uniquement (c'est-à-dire sans apport de l'environnement) transmettre de la chaleur d'un corps froid à un corps chaud. »

• Énoncé de Kelvin-Planck

« Aucun système ne peut accomplir un cycle et effectuer un travail net sur l'environnement en recevant de la chaleur d'un seul réservoir. »

Thermodynamique

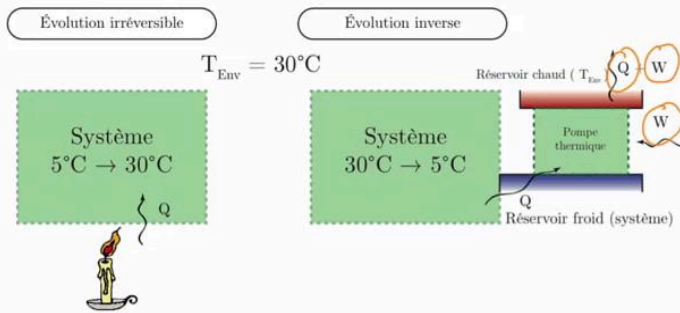
À partir de ces concepts de base, on peut introduire les deux énoncés du deuxième principe de la thermodynamique, les plus connus ou les plus connus. Dans ces énoncés, en fait, il ne s'agit pas d'une démonstration mathématique rigoureuse. Il s'agit plutôt d'un ensemble d'observations qui ont été formalisées au milieu du XIX^e siècle sous cette forme. Malgré qu'elles soient basées seulement sur des observations, ces énoncés n'ont jamais été prouvés. Faux. Le premier énoncé est celui de Rudolf Clausius et stipule qu'aucun système ne peut uniquement, c'est à dire sans apport de l'environnement, transmettre de la chaleur d'un corps froid à un corps chaud. Cet énoncé exprime l'évidence que la chaleur ne se transmet pas spontanément d'un corps froid vers un corps chaud et a pour conséquence qu'un réfrigérateur ne peut fonctionner sans apport de travail extérieur et que son coefficient de performance ne peut pas être infiniment élevé. Le deuxième énoncé est celui de Kelvin Planck et exprime qu'aucun système ne peut accomplir un cycle et effectuer un travail neutre sur l'environnement en recevant de la chaleur d'un seul réservoir. En d'autres mots, un moteur thermique aura toujours un rejet de chaleur vers un réservoir froid et son rendement sera donc toujours inférieur à un.

Notes

Summary



Évolutions réversibles et irréversibles



● Évolution irréversible

- Laisse des traces sur l'environnement
- Friction, mélange, etc.
- Transfert de chaleur avec différence de température

Thermodynamique

Donc, les énoncés du deuxième principe nous indiquent qu'il y a des limites en ce qui a trait à ce qui est physiquement possible d'effectuer, avec un cycle thermodynamique, des limites en termes de performance et des limites en termes de direction. Des échanges et d'évolution entre les différents états qui composent un cycle thermodynamique peuvent quant à elles être classifiées comme étant soit réversible, soit irréversible. La différence est que seule une évolution réversible peut être effectuée dans les deux directions sans laisser de trace sur l'environnement. Par exemple, un transfert de chaleur dû à un gradient de température est une évolution irréversible, car pour effectuer l'opération inverse, il faut faire un transfert de chaleur contre la grande température, ce qui nécessite un apport de travail. Donc, si on chauffe un système de 5 à 30 degrés Celsius et qu'on veut le ramener à l'état initial, on a besoin d'un réfrigérateur qui utilise un travail W . Et donc la charge de restituer l'environnement est égale à la chaleur initialement reçue par le système, plus le travail. Il est nécessaire d'effectuer pour inverser le transfert en plus du transfert de chaleur avec gradient de température. D'autres phénomènes communs qui sont intrinsèquement irréversibles sont le frottement sec ou visqueux et le mélange entre les substances par diffusion.

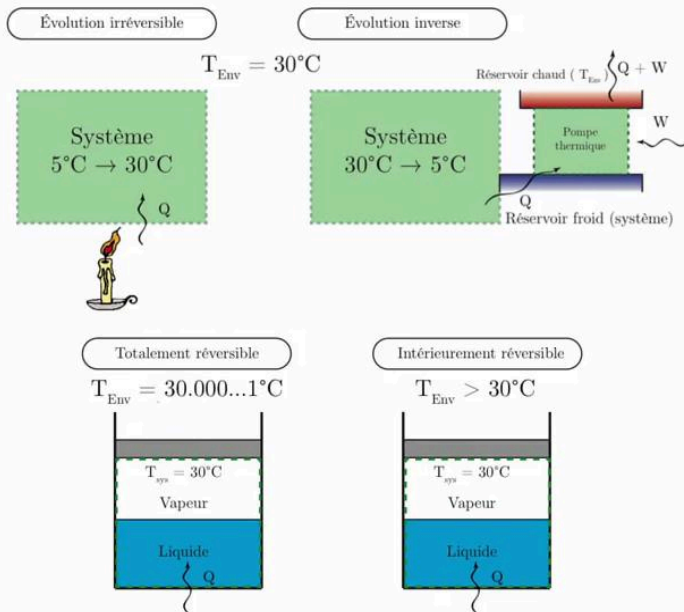
Notes

Summary



4m 21s

Évolutions réversibles et irréversibles



- **Évolution irréversible**
 - Laisse des traces sur l'environnement
 - Friction, mélange, etc.
 - Transfert de chaleur avec différence de température
- **Évolution réversible**
 - Concept idéalisé
 - Fournit plus de travail, consomme moins d'énergie
 - Limite théorique de performance

Thermodynamique

Comme vous pouvez vous en douter, le concept opposé d'évolution est l'évolution réversible, ce qui est une idéalisation qui est difficile à approcher. C'est toutefois un concept très utile pour les analyses thermodynamiques, car les évolutions réversibles représentent une limite théorique de performance. La détente réversible fournissent le maximum de travail et les compressions réversibles en demandent le moins. Pour les fins d'analyse thermodynamique, on peut concevoir des évolutions réversibles qu'il serait très difficile à réaliser en pratique. Par exemple, un transfert de chaleur au travers d'un gradient de température infiniment petit. En réalité, il faudrait une surface de contact d'échange infiniment grande pour réaliser une telle opération. Mais le concept idéalisé n'en demeure pas moins très utile, comme nous le verrons tout de suite.

Notes

Summary



5m 31s

Le cycle de Carnot



Cycle de production d'énergie

- 4 évolutions réversibles
- Moteur thermique optimal



Nicolas Léonard Sadi Carnot, 1796-1832

Thermodynamique

Ce qui nous amène à Monsieur Nicolas Léonard Sadi Carnot qui fut le premier à réaliser un cycle composé entièrement d'évolution réversible, serait un idéal en terme de rendement qui serait impossible à battre. Donc, vous avez peut être remarqué une différence entre Messieurs Sadi Carnot et les autres pères de la thermodynamique que vous avez auxquels vous avez été exposé jusqu'à présent. La différence est de taille, c'est son âge. Monsieur Carnot a fait sa contribution majeure à l'âge de 28 ans déjà. Donc il a été le premier à concevoir un cycle théorique qui était composé de quatre révolutions réversibles. Ce cycle théorique, on utilise encore aujourd'hui comme référence en terme de rendement et le CF porte son nom.

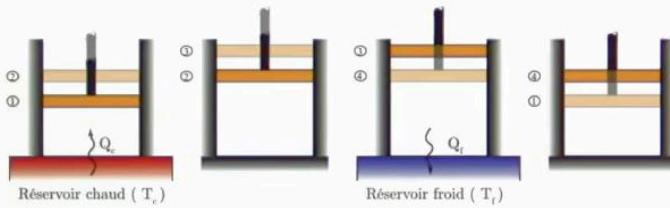
Notes

Summary



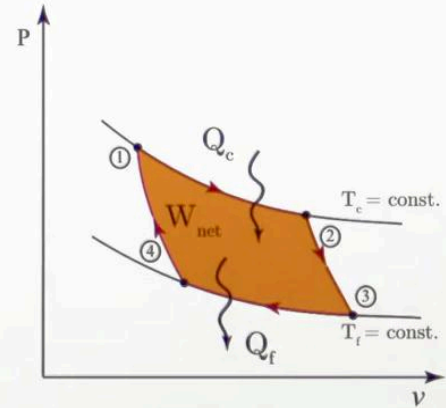
6m 13s

Le cycle de Carnot



Evolution	Caractéristiques
1-2	Expansion isotherme
2-3	Expansion adiabatique
3-4	Compression isotherme
4-1	Compression adiabatique

Diagramme P-v



Thermodynamique

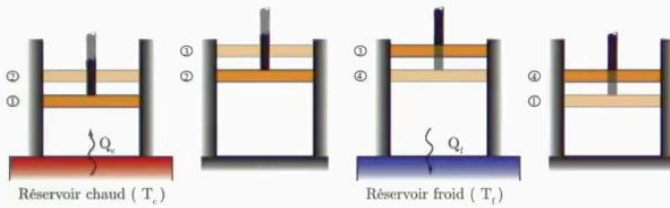
C'est le cycle de Carnot, à partir d'un fluide qu'on se posera ici est un gaz parfait qui est initialement à haute température et à haute pression à l'état un. Le cycle de Carnot s'opère comme suit. La première évolution est une détente iso terme, donc le volume augmente, le piston se déplace vers le haut et la température est maintenue constante. La température est montée constante car au fur et à mesure le volume prend de l'expansion. On ajoute de la chaleur pour maintenir la température constante. L'expansion se poursuit ensuite de manière adiabatique, c'est à dire sans apport de chaleur entre les points deux et trois. Les opérations inverses s'effectuent dans le même ordre avec la première phase de compression entre trois et quatre de manière ISO terme et ensuite entre quatre et de manière adiabatique. Le cycle de Carnot est très difficile à approcher en pratique. Principalement à cause des évolutions un deux et trois quatre. Comme vous pouvez le voir dans le diagramme PV ou les séances de travail au cours des évolutions un deux et deux trois et on donne du travail au système entre les points trois et quatre et quatre et un.

Notes

Summary

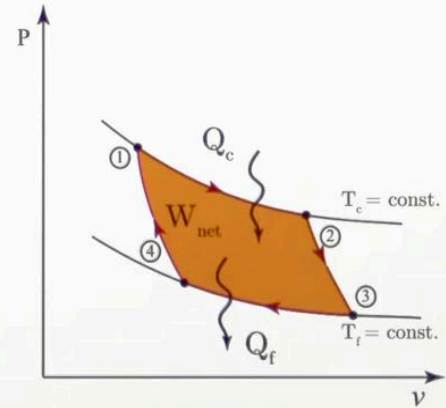


Le cycle de Carnot



Evolution	Caractéristiques
1-2	Expansion isotherme
2-3	Expansion adiabatique
3-4	Compression isotherme
4-1	Compression adiabatique

Diagramme P-v



Thermodynamique

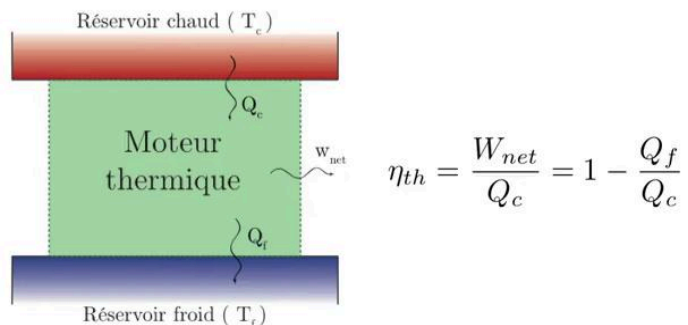
Les évolutions qui posent particulièrement problème sont les évolutions un deux et trois quatre durant lesquelles on doit simultanément fournir du travail et de la chaleur ou extraire du travail et de la chaleur au système. Si on prend maintenant le cycle de Carnot, on fait les quatre opérations. Dans le sens inverse, on obtient un cycle de réfrigération optimale en analysant le cycle de Carnot.

Notes

Summary



Corollaires du deuxième principe



Thermodynamique

On peut constater deux corollaires au deuxième principe de la thermodynamique. Premièrement, on constate que le rendement d'un cycle irréversible sera toujours inférieur à celui d'un cycle réversible. On peut vérifier ce corollaire en observant deux systèmes opérant entre les mêmes réservoirs thermiques.

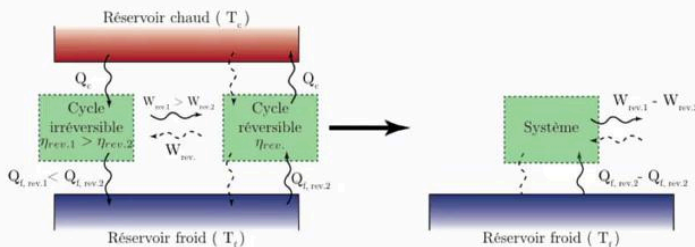
Notes

Summary



8m 11s

Corollaires du deuxième principe



• Corollaire 1 :

« Le rendement d'un cycle irréversible est inférieur à celui du cycle réversible entre les mêmes réservoirs. »

• Corollaire 2 :

« Tous les cycles réversibles opérant entre les mêmes réservoirs ont le même rendement. »

Thermodynamique

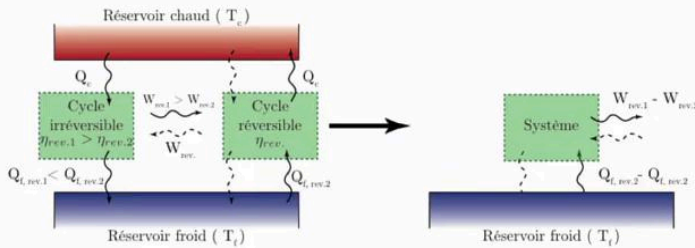
Le premier est un moteur thermique irréversible et le second un cycle de Carnot inversé, donc un cycle de réfrigération optimal. Si le rendement thermique du premier est supérieur au second, celui ci produira plus de travail à partir de la chaleur reçue de la source chaude que ce qui est nécessaire pour que le cycle Carnot restitue cette même chaleur au même réservoir. Le bilan de ces deux machines sera donc équivalent à la production de puissance mécanique à partir d'une seule source de chaleur, ce qui est interdit en vertu de l'énoncé de Kelvin Planck du deuxième principe. On en conclut que le rendement d'un cycle irréversible doit toujours être inférieur au rendement d'un cycle réversible opérant entre les deux mêmes réservoirs. Le deuxième corollaire stipule que le rendement de tous les cycles réversibles opérant entre les mêmes réservoirs doit être identique. Encore une fois, on peut vérifier la véracité de ce corollaire en considérant deux cycles réversibles qui interagissent avec les mêmes réservoirs. C'est le premier, un rendement supérieur au second. Le résultat net de ces deux siècles est à nouveau la production de travail à partir d'un seul réservoir.

Notes

Summary



Corollaires du deuxième principe



$$\eta_{th,max} = 1 - \left(\frac{Q_f}{Q_c} \right)$$

Thermodynamique

• Corollaire 1 :

« Le rendement d'un cycle irréversible est inférieur à celui du cycle réversible entre les mêmes réservoirs. »

• Corollaire 2 :

« Tous les cycles réversibles opérant entre les mêmes réservoirs ont le même rendement. »

• Le cycle de Carnot :

« Rendement maximum qu'il est possible d'obtenir entre deux réservoirs. »

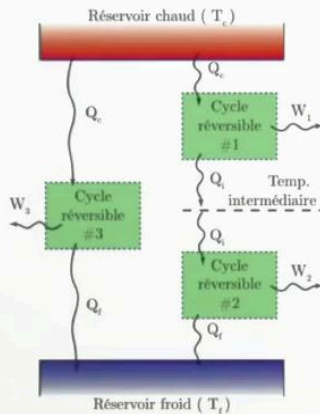
On peut donc conclure que le cycle de Carnot fournira les rendements maximum qu'il est possible d'obtenir entre deux réservoirs et que celui-ci s'exprimera, comme pour tous les moteurs thermiques, comme un moins le rapport entre la quantité de chaleur cédée à la source froide, divisée par celle reçue de la source chaude.

Notes

Summary



Échelle thermodynamique de température



$$\frac{Q_f}{Q_c} = \frac{Q_f}{Q_i} \cdot \frac{Q_i}{Q_c} = f(T_f, T_c)$$

$$f(T_f, T_c) = f(T_f, T_i) \cdot f(T_i, T_c)$$

$$f(T_f, T_c) = \frac{\phi(T_c)}{\phi(T_i)} \cdot \frac{\phi(T_i)}{\phi(T_f)}$$

$$\frac{Q_f}{Q_c} = \frac{\phi(T_f)}{\phi(T_c)}$$

- Réservoirs caractérisés par leurs températures

$$\eta_{th, rev.} = 1 - \frac{Q_f}{Q_c} = f(T_f, T_c)$$

$$\frac{Q_f}{Q_c} = f(T_f, T_c)$$

$$\frac{Q_f}{Q_c} = \frac{\phi(T_f)}{\phi(T_c)}$$

Thermodynamique

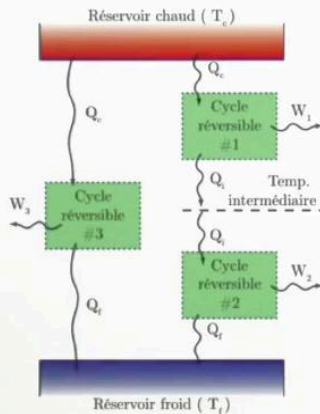
Or, comme les réservoirs thermiques sont caractérisés seulement par leur température, il s'agit en fait de leur seule propriété. On peut donc en déduire que le rendement thermique doit aussi être fonction seulement de la température des deux réservoirs. Il serait donc intéressant de trouver un outil pour remplacer le ratio des quantités de chaleur échangées Q_c et Q_f par des fonctions de la température de ces mêmes réservoirs appelant ces fonctions f_i , DTC et Fides TF. Il est possible d'imaginer un grand nombre de fonctions de la température qui vont vérifier ces relations ici. Nous allons faire un petit exercice pour faire ressortir quelques contraintes imposées à ces fonctions, soit deux réservoirs thermiques entre lesquels sont placées des machines thermiques réversibles. Une première opère directement entre les températures et EDF, tandis que deux autres sont connectées en série entre les deux mêmes réservoirs. Ces deux machines connectées en série interagissent donc entre elles à une température intermédiaire que nous appellerons T_i . Comme tous les cycles réversibles opérant entre les mêmes réservoirs doivent avoir le même rendement.

Notes

Summary



Échelle thermodynamique de température



$$\frac{Q_f}{Q_c} = \frac{Q_f}{Q_i} \cdot \frac{Q_i}{Q_c} = f(T_f, T_c)$$

$$f(T_f, T_c) = f(T_f, T_i) \cdot f(T_i, T_c)$$

$$f(T_f, T_c) = \frac{\phi(T_c)}{\phi(T_i)} \cdot \frac{\phi(T_i)}{\phi(T_c)}$$

$$\frac{Q_f}{Q_c} = \frac{\phi(T_f)}{\phi(T_c)}$$

- Réservoirs caractérisés par leurs températures

$$\eta_{th, rev.} = 1 - \frac{Q_f}{Q_c} = f(T_f, T_c)$$

$$\frac{Q_f}{Q_c} = f(T_f, T_c)$$

$$\frac{Q_f}{Q_c} = \frac{\phi(T_f)}{\phi(T_c)}$$

- L'échelle de Kelvin :

$$\phi(T) = T$$

$$\left(\frac{Q_f}{Q_c} \right)_{rev.} = \frac{T_f}{T_c}$$

$$COP_{PT, rev.} = \frac{1}{1 - \frac{T_f}{T_c}}$$

$$\eta_{th, rev.} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

$$COP_{R, rev.} = \frac{1}{\frac{T_c}{T_f} - 1}$$

Thermodynamique

Il s'ensuit que le rendement du premier cycle doit être égal à celui d'un cycle équivalent à la combinaison des deux autres. Donc que c'est sur que F doit être égal à QF. Multiplié par qui sur QC ? Comme les membres de gauche et exclusivement en fonction de TC et de TF. Il doit être la même histoire. On doit avoir la même chose pour le membre de droite. Donc on doit être capable de faire disparaître la dépendance sur. Dit de ce membre ici. Pour la faire disparaître. La forme de la fonction filter, qui définit chacun des réservoirs doit être telle qu'on puisse écrire que F sur QC est égal à la fonction field de TF sur la fonction Fi de TC. Qu'elle vienne proposer une solution simple et élégante pour la forme de la fonction de la température. Il ne me proposa d'utiliser simplement la température un degré kelvin comme fonction de température. Il est ainsi possible de remplacer le ratio des quantités de chaleur QC et QF échangées par les réservoirs, tout simplement par le ratio des températures en kelvin de ces deux réservoirs. On obtient donc une expression pour le rendement et les coefficients de performance des machines thermiques, qui est seulement fonction des températures. Mais attention, ces relations ici bas sont seulement valables pour des systèmes réversibles.

Notes

Summary



Exercices – rendement cycle de Carnot et COP

	Moteur à combustion interne	Turbine à gaz	Turbine à vapeur (combustion)	Réfrigérateur
T_f	25°C	25°C	25°C	-20°C
T_c	1500°C	1300°C	620°C	25°C
$(\eta_{th} \text{ ou } COP)_{rév.}$	0.83	0.81	0.67	5.62
$(\eta_{th} \text{ ou } COP)_{réel}$	0.3-0.4	0.4-0.5	0.45	2

Thermodynamique

Pour illustrer toute la puissance du concept de sexe réversible optimal introduite par Carnot, considérant les exemples suivants. Soit un moteur à combustion interne évoluant dans un environnement à 25 degrés Celsius. Si on suppose que la combustion fournit une énergie au système à une température de 1500 degrés Celsius, un cycle de Carnot pourra convertir 83 % de cette énergie en travail mécanique. En réalité, le rendement des moteurs à combustion interne atteint difficilement les 30 à 40 %. La différence entre ces deux valeurs représente le coût associé aux irréversibilités présentes dans le moteur réel. Pour une turbine à gaz dans laquelle les gaz de combustion sont fournis un régime permanent à 1300 degrés Celsius, le rendement de Carnot est de 80 % alors que les machines réelles atteignent des rendements de 40 à 50 %. On peut donc en conclure que, toutes proportions gardées, les irréversibilités sont plus significatives dans les moteurs à combustion interne que dans les turbines à gaz. La situation est très différente pour les turbines à vapeur, pour lesquelles la température maximale est limitée par la capacité des matériaux à résister à la vapeur à très haute température.

Notes

Summary



12m 01s

Exercices – rendement cycle de Carnot et COP

	Moteur à combustion interne	Turbine à gaz	Turbine à vapeur (combustion)	Réfrigérateur
T_f	25°C	25°C	25°C	-20°C
T_c	1500°C	1300°C	620°C	25°C
$(\eta_{th} \text{ ou } COP)_{rév.}$	0.83	0.81	0.67	5.62
$(\eta_{th} \text{ ou } COP)_{réel}$	0.3-0.4	0.4-0.5	0.45	2

Thermodynamique

En supposant une température maximale de 620 degrés Celsius, une valeur typique pour une grosse installation, on en arrive à un rendement de Carnot de l'ordre de 67 %, alors que les meilleures machines réelles atteignent environ 45 % pour les cycles de réfrigération. L'expression du coefficient de performance nous indique que plus l'écart de température est grand, plus il faudra de travail pour transférer une quantité donnée de chaleur entre les deux réservoirs. Dans le cas d'un système opérant entre la température ambiante et -20 degrés Celsius, le coefficient de performance réversible est de cinq pour un 62. Autrement dit, dans le cas réversible, une zone de travail fournit ce qu'il faut pour extraire 5.62 joules de la source froide et pousser le tout dans la source chaude. Pour un réfrigérateur domestique réel. Le coefficient de performance est en général plus proche de deux. En grande partie à cause de la difficulté du transfert de chaleur avec l'air.

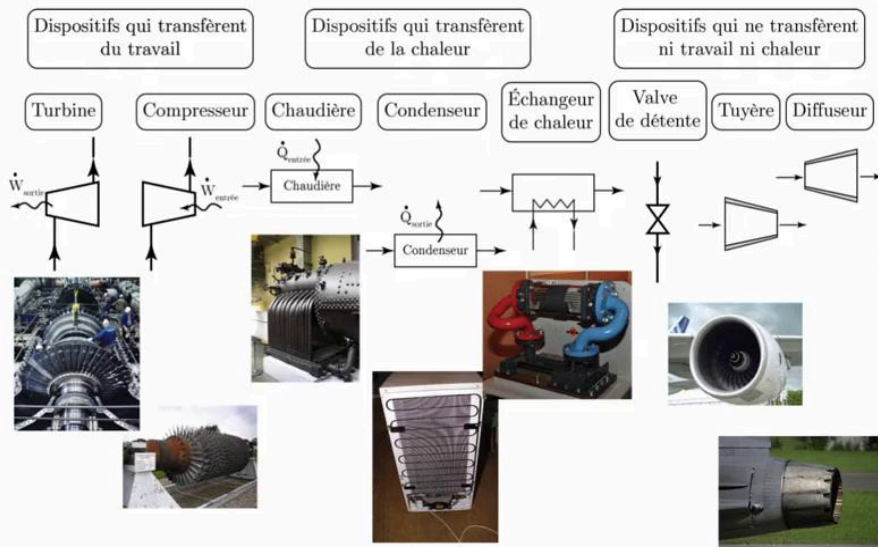
Notes

Summary



13m 04s

Les cycles réels et leurs composantes



- Cycle de Carnot
- Suppose expansion et détente simultanément avec transfert de chaleur
- Difficile à approcher en pratique
- Cycles réels : composantes réelles
- Piston/cylindres
- Turbines
- Pompes et compresseurs

Thermodynamique

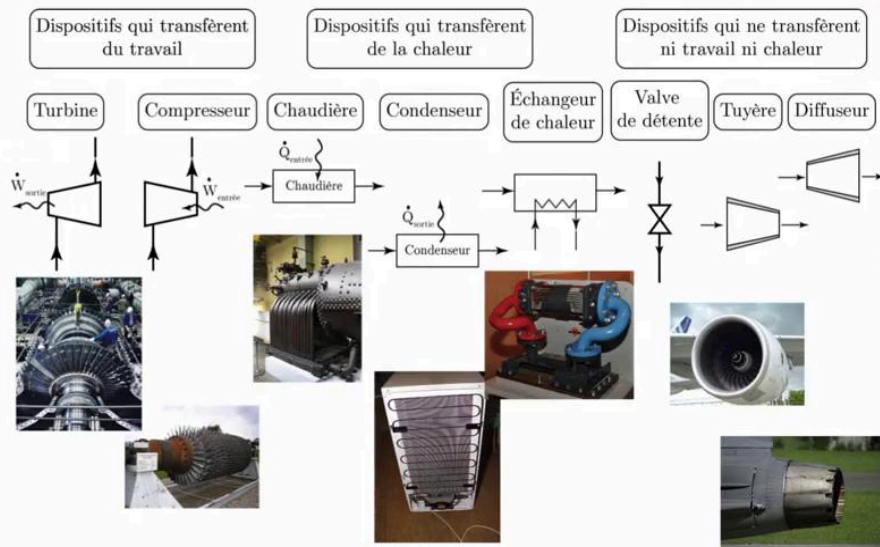
Les différences entre les cycles réversibles et les cycles réels seront en grande partie causées par les limitations des dispositifs utilisés pour effectuer les évolutions qui constituent le cycle. Par exemple, deux évolutions dans le cycle de Carnot supposent que l'on transfère simultanément du travail et de la chaleur à un fluide, une tâche qui est très difficile, voire impossible à réaliser avec des dispositifs réels, mais s'est créée. Elle est composée d'éléments en général opérant en régime permanent, qui échangent soit du travail, soit de la chaleur ou aucun des deux avec l'environnement. Pour la première catégorie, on parle alors de système piston, cylindre de turbine ou de compresseur. Vous voyez ici quelques exemples ? De même que les représentations schématisées qui sont utilisées par la suite. Dans le cas le plus général, on appellera les dispositifs qui transfèrent de la chaleur entre un système et son environnement, des échangeurs de chaleur. Quand un échangeur de chaleur fait intervenir un changement de phase. On appelle alors une chaudière ou un condensat. Certains dispositifs ne font intervenir ni travail ni chaleur. Ils transforment simplement sous quelle forme se trouve l'énergie dans le fluide.

Notes

Summary



Les cycles réels et leurs composantes



- Cycle de Carnot
- Suppose expansion et détente simultanément avec transfert de chaleur
- Difficile à approcher en pratique
- Cycles réels : composantes réelles
- Piston/cylindres
- Turbines
- Pompes et compresseurs

Thermodynamique

Il s'agit par exemple de valve de détente utilisée pour baisser la pression, ou des diffuseurs et tuyères placés à l'avant et à l'arrière des moteurs d'avion. Les diffuseurs ont pour fonction de convertir l'énergie cinétique en entrée en augmentation de pression et vice versa pour la tuyère.

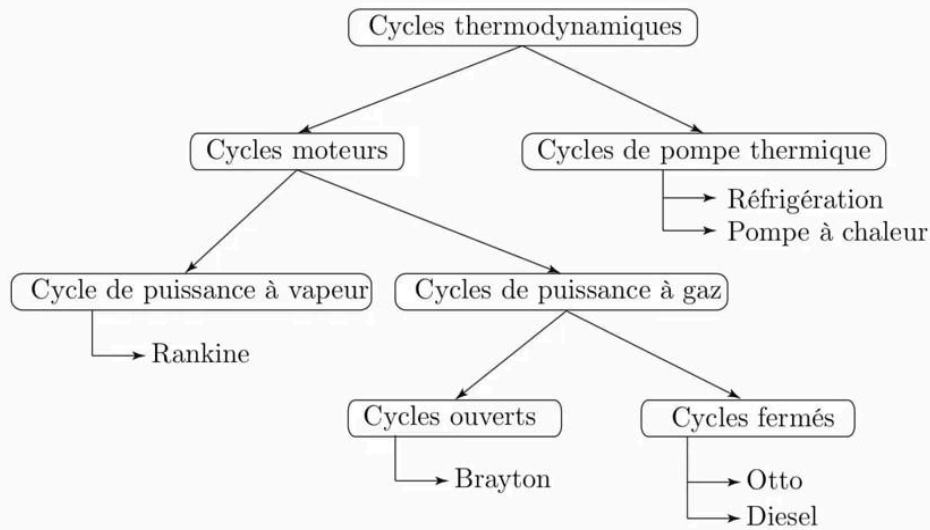
Notes

Summary



15m 05s

Types de cycles thermodynamiques



Thermodynamique

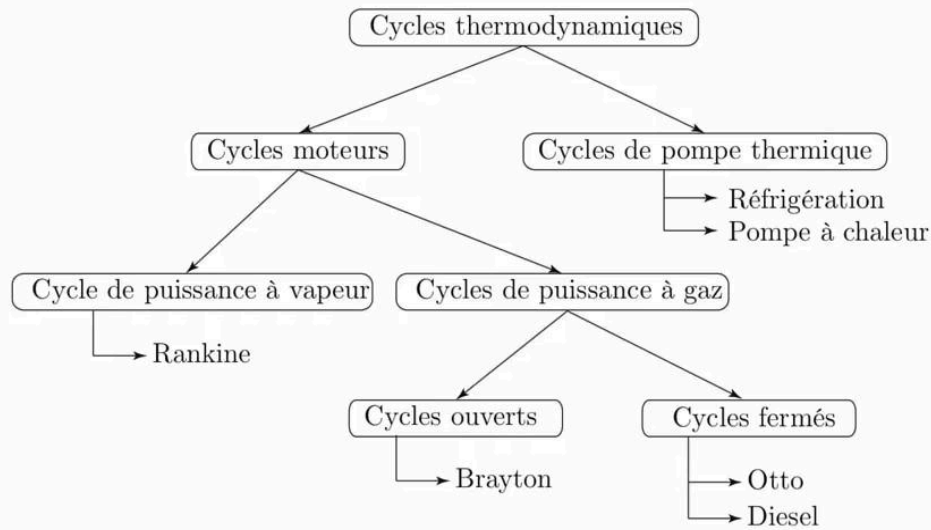
À partir de ses composantes de base. Il est possible de concevoir une grande variété de cycles adaptés à des tâches de production de puissance mécanique, de froid ou de chaleur. Premièrement, on fait la distinction entre les cinq moteurs qui produisent du travail et les cercles résistants qui en consomment. Les cercles résistants sont essentiellement des cercles de pompage thermique que l'on classifie comme étant des réfrigérateurs ou des pompes à chaleur, selon si l'on vise la production de froid ou de chaleur. Et ces commentaires peuvent être subdivisés en cycles de puissance à gaz ou à vapeur, selon que le fluide de travail effectue un changement de phase ou non lors du cycle. La très grande majorité des cercles de puissance modernes utilise le cycle de Rankine ou une variation de celui-ci. Les cercles de puissance à gaz peuvent encore être subdivisés dépendance. Ils opèrent sur des volumes de fluides ouverts ou fermés, des cercles ouverts communs. Le plus commun est la SEC de Brighton, qui est par exemple utilisée dans les turbines à gaz ou en propulsion aéronautique. Finalement, les cellules de puissance à gaz fermée sont quant à eux utilisés pour produire du travail dans des configurations puissance et libre.

Notes

Summary



Types de cycles thermodynamiques



Thermodynamique

On parle alors de cycle auto ou diesel. Ils sont bien entendu abondamment utilisés pour la propulsion automobile. Les modules qui suivent seront présentés plus en détail les cycles de puissance à gaz fermé et au verre pluie et cycles de réfrigération. Voilà qui conclut ce module d'introduction sur les cycles thermodynamique. Nous avons eu l'occasion d'apprendre que les évolutions réversibles constituent un idéal que nous devons chercher à approcher et qu'un cycle thermodynamique qui contient seulement des évolutions réversibles constitue donc un idéal à atteindre en termes de rendement. Un idéal qu'on ne sera jamais capable de dépasser. Cela représente donc une limite que la physique nous impose sur ce qu'il est possible de faire avec un cycle thermodynamique. En analysant les cycles de Carnot, on a également été en mesure de déterminer ou de définir la notion de rendement et de coefficient de performance, et que ceux ci sont seulement fonction de la température des réservoirs chauds et des réservoirs froids utilisés pour le cycle. Merci.

Notes

Summary



16m 28s