

Annexe : Les produits développés par la branche thermique moteur

Exemple de simulation multi-physiques :
Dimensionnement en fatigue d'un échangeur thermique

école _____
normale _____
supérieure _____
paris – saclay _____

Edité le 1^{er} juin 2006

Cette annexe présente quelques systèmes où interviennent des échangeurs thermiques, une explication du fonctionnement de ces systèmes ainsi que des échanges thermiques à l'origine des phénomènes de choc thermique.

Sur le site Valeo [1], une description des produits réalisés est également présentée.

Références :

[1]: <http://www.valeo.com/>

Ressource publiée sur Culture Sciences de l'ingénieur : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>

1 – Les systèmes de suralimentation

LES SYSTEMES DE SURALIMENTATION: Principe

Le remplissage des cylindres d'un moteur à combustion interne est un enjeu important: en effet, de la quantité d'oxygène emprisonnée dans le piston dépendra en grande partie la qualité de la combustion et la puissance du moteur.

Une solution est couramment utilisée pour améliorer le remplissage du moteur : faire entrer l'air d'admission à une pression supérieure à P_{atm} afin d'augmenter la quantité d'oxygène dans les cylindres.

Le principe de la suralimentation est simple. Une pompe envoie l'air sous pression dans les cylindres de façon à améliorer le remplissage et à augmenter la puissance spécifique du moteur.

Il existe plusieurs types de compresseurs en automobile, on connaît surtout:

a) La famille des compresseurs centrifuges :

Le turbo-compresseur (le plus utilisé en automobile): une turbine est entraînée en rotation par les gaz d'échappement, elle entraîne un compresseur qui permet d'augmenter la pression de l'air d'admission.

b) La famille des compresseurs volumétriques :

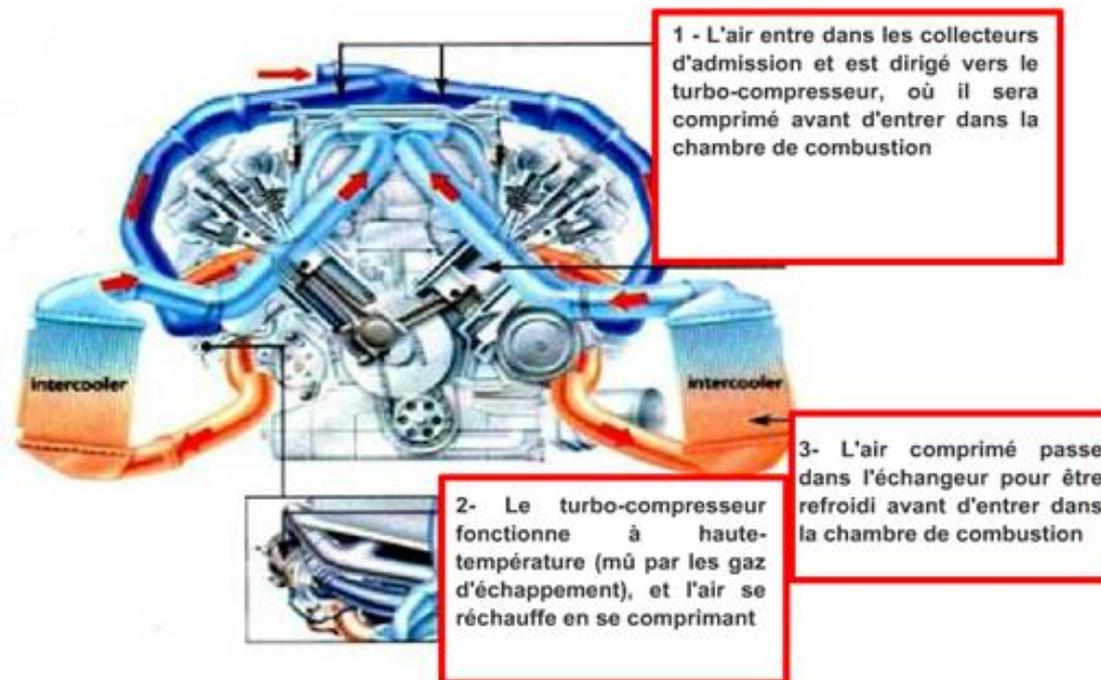
Un compresseur volumétrique est entraîné directement par le moteur.

LES SYSTEMES DE SURALIMENTATION: Fonctionnement

Lorsque l'air d'admission du moteur est comprimé, sa température s'élève. L'augmentation conséquente du volume réduit l'effet de la suralimentation.

Pour compenser cet effet, l'air comprimé passe dans un échangeur; sa température est réduite (d'environ 60 °C) avant de rentrer dans le moteur

Les échangeurs sont en général conçus sur des échanges air/air, c'est-à-dire que les échanges thermiques se font entre l'air comprimé qui cède de la chaleur et l'air extérieur qui donne de la chaleur.



LES SYSTEMES DE SURALIMENTATION: Bilan

Dans les systèmes de suralimentation également, un des problèmes principaux pour le dimensionnement des échangeurs est la fatigue générée par les cycles de chargement thermiques (le turbo-compresseur n'a pas un fonctionnement totalement régulier, et il existe des phases à haute température à charge maximale et des cycles à plus basse température à charge plus faible)

2 – Les systèmes de climatisation

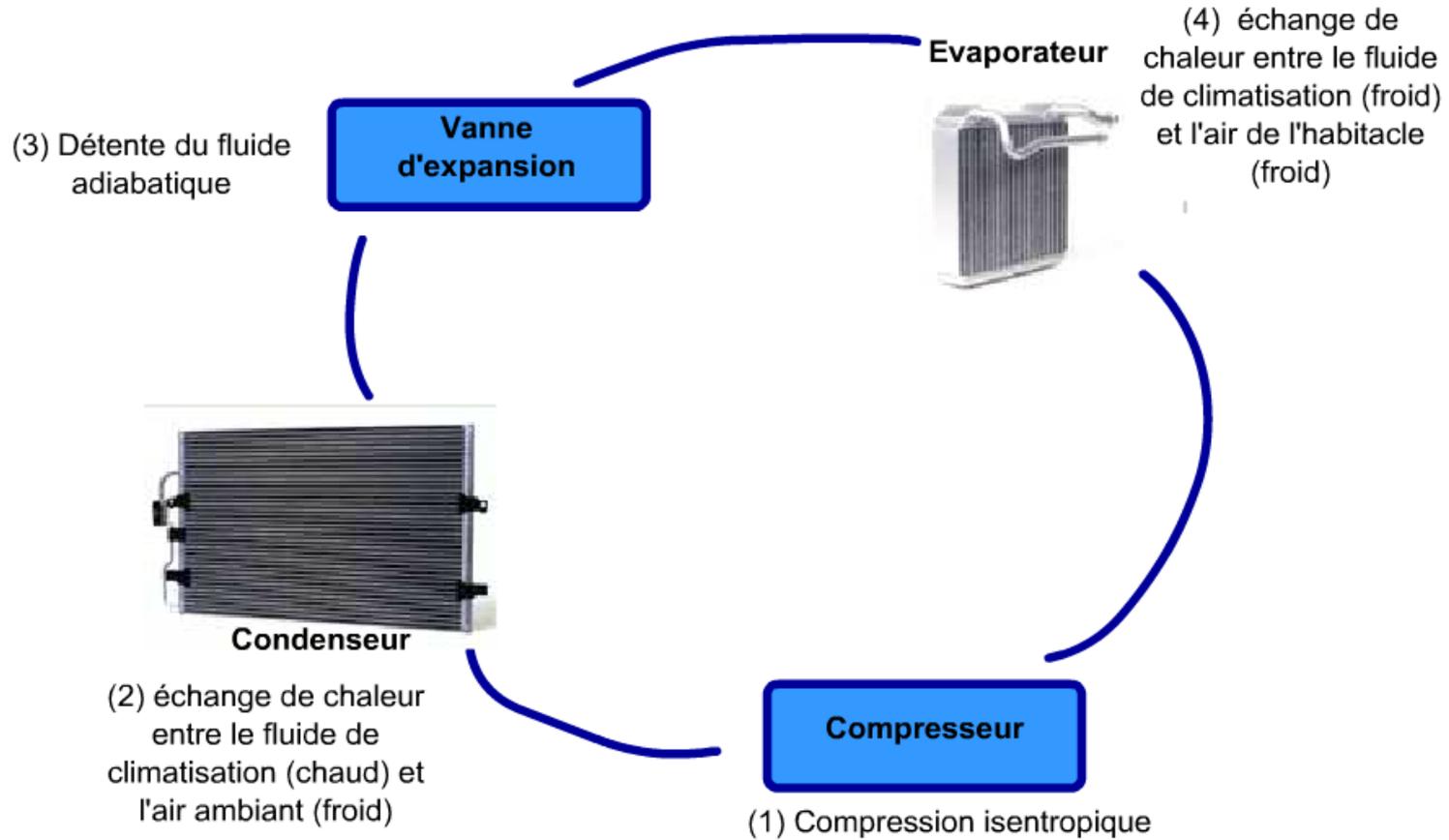
LES SYSTEMES DE CLIMATISATION: Principe physique utilisé

L'élément principal du système de climatisation est le circuit qui génère l'air froid. L'industrie automobile utilise un système à compression d'un fluide.

Les changements d'état du fluide réfrigérant (transitions entre l'état fluide et l'état gazeux) sont utilisés pour l'amener à basse température.

Le fluide frigorigène utilisé est de l'hydrofluorocarbone (HFC). Le HFC est un produit de synthèse qui a la particularité d'avoir une température d'évaporation inférieure à celle de l'air ambiant.

LES SYSTEMES DE CLIMATISATION: Les composants



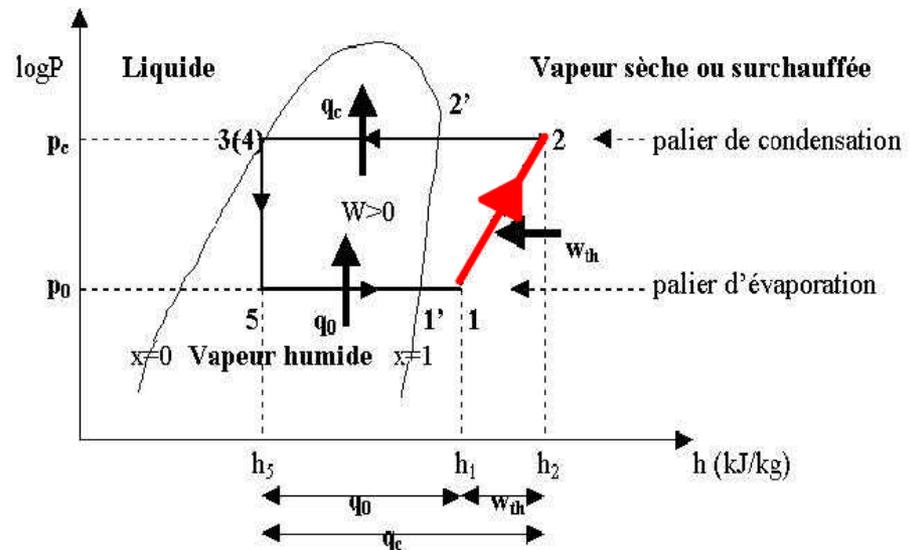
LES SYSTEMES DE CLIMATISATION: Fonctionnement

Etape (1): le compresseur, entraîné par le moteur, comprime le fluide à environ 15 bars. Cette compression fait monter la température du fluide à environ 80°C.

Le fluide reste à l'état gazeux.

Transformation isentropique : le rôle du compresseur est d'augmenter la pression et la température du fluide. Pendant la compression le fluide absorbe une quantité d'énergie équivalente au travail fourni par le compresseur. On passe de h_1 à h_2

Note: le compresseur consomme environ 8 ch et peut faire augmenter la consommation du véhicule d'environ 1 l/100 km.

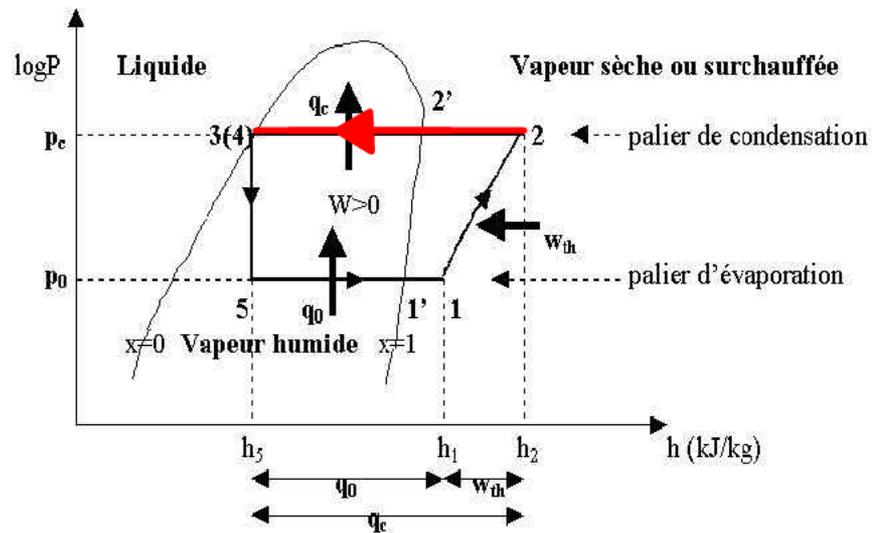


LES SYSTEMES DE CLIMATISATION: Fonctionnement

Etape (2): Un condenseur, c'est à dire un radiateur, refroidit le fluide. Il est placé à l'avant du véhicule, devant le radiateur de refroidissement du moteur.

A la sortie du condenseur, la température chute à 50°C sans modification de pression. En effet, grâce au refroidissement, le fluide passe de l'état gazeux à l'état liquide. L'air, qui a permis ce refroidissement en traversant le condenseur, est réchauffé et évacué.

La condensation permet au fluide d'être refroidi à pression constante et de passer de l'état gazeux à l'état liquide: on passe de h_2 à h_5 . Le fluide est à l'état de gaz du point 2 à 2', puis passe à un mélange de gaz et de liquide du point 2' à 3.



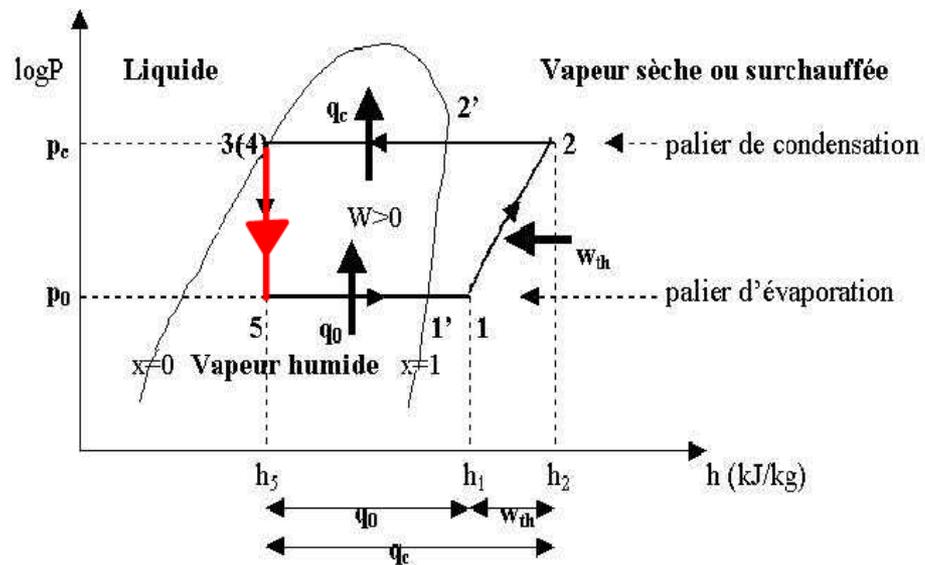
LES SYSTEMES DE CLIMATISATION: Fonctionnement

Etape (3), la fabrication du froid

Le processus inverse commence. Une vanne d'expansion fait chuter la pression du fluide à environ 5 bars. La température chute à approximativement 5 °C.

Détendeur : transformation adiabatique

La détente permet de diminuer la pression ainsi que la température, le fluide est à environ 40% sous forme gazeuse et 60% sous forme liquide.



LES SYSTEMES DE CLIMATISATION: Fonctionnement

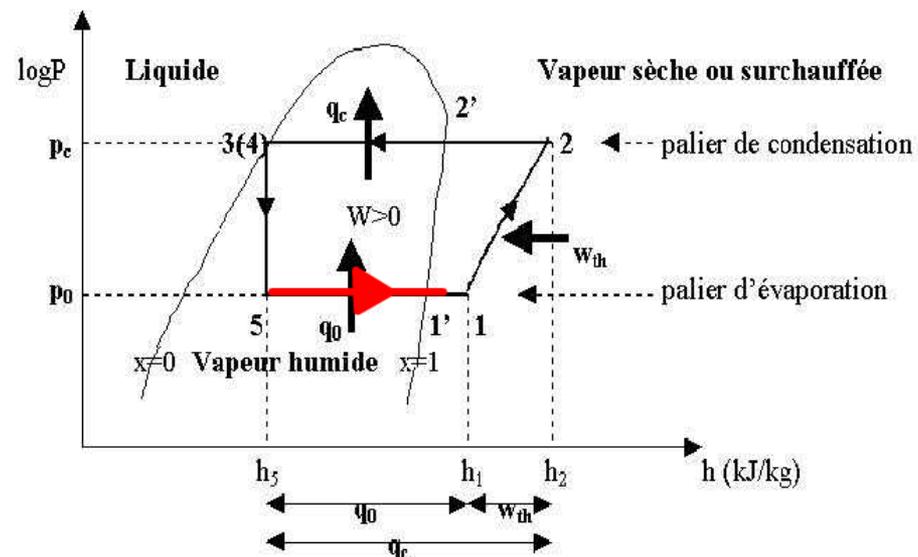
Etape (4)

Evaporateur : transformation isobare

Le but de l'évaporation est d'échanger de la chaleur entre le fluide froid et l'air ambiant, de sorte à refroidir l'air de l'habitacle. On passe de h_5 à h_1 . A la sortie de l'évaporateur le fluide est 100% gazeux.

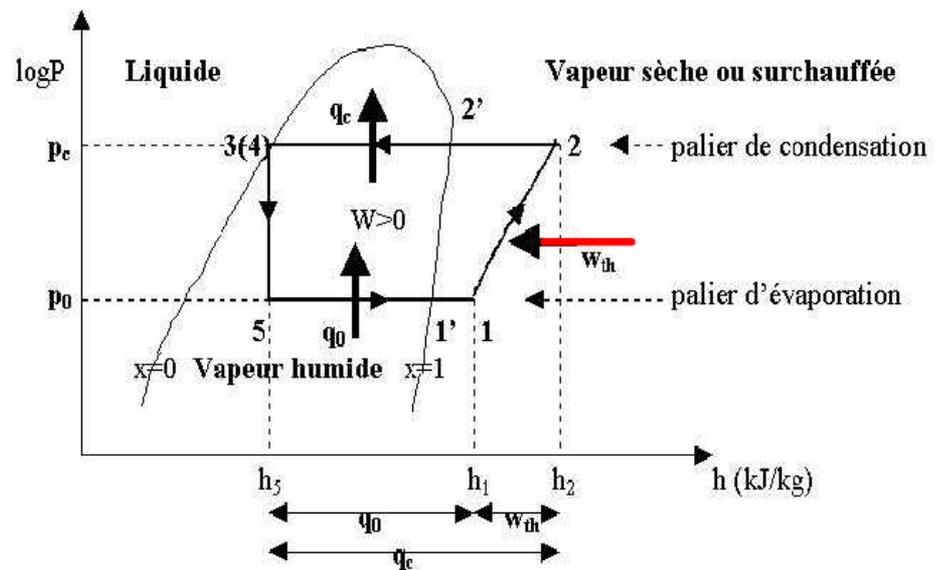
L'air refroidi est dirigé vers l'habitacle.

Le circuit est protégé par un thermostat et un pressostat limitant les trop basses températures et les trop fortes pressions.



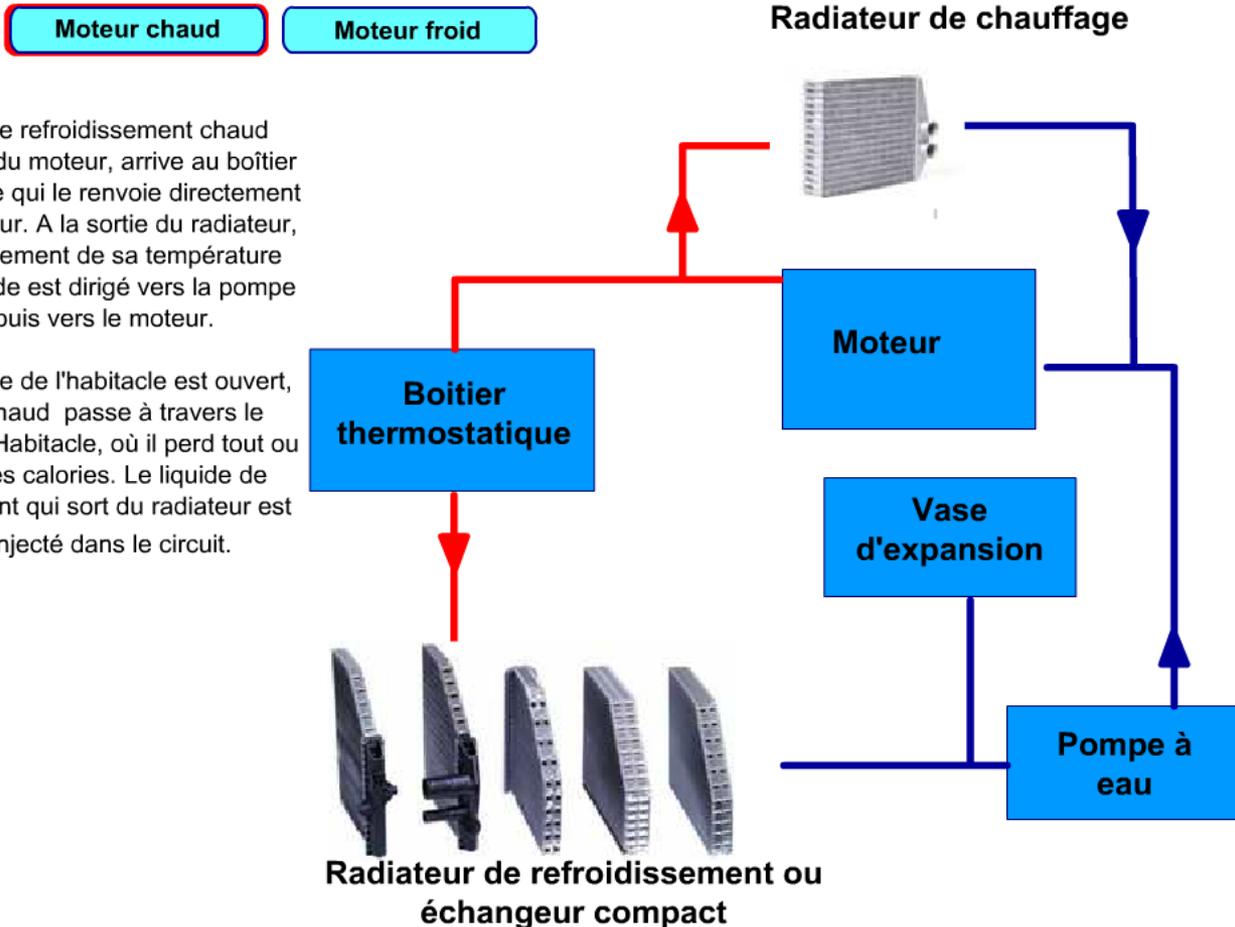
LES SYSTEMES DE CLIMATISATION: Bilan thermique

La quantité de chaleur totale échangée est notée q_c alors que la quantité de chaleur récupérée lors de l'échange avec l'air est notée q_0 . La différence entre les deux, W_{th} est le travail nécessaire apporté par le compresseur (générant la sur-consommation du véhicule).



3 – Les systèmes de refroidissement

SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT



Le liquide de refroidissement chaud (rouge) sort du moteur, arrive au boîtier thermostatique qui le renvoie directement vers le radiateur. A la sortie du radiateur, après abaissement de sa température (bleu), le liquide est dirigé vers la pompe à eau puis vers le moteur.

Si le chauffage de l'habitacle est ouvert, le liquide chaud passe à travers le radiateur de l'habitacle, où il perd tout ou partie de ses calories. Le liquide de refroidissement qui sort du radiateur est alors réinjecté dans le circuit.

SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT

Moteur chaud

Moteur froid

Radiateur de chauffage

Lorsque le moteur est froid, les températures sont uniformes à l'intérieur du circuit. Le boîtier thermostatique bloque le passage du fluide vers le radiateur de refroidissement

