

SEMESTRE 5 – UE FONDEMENTS DE LA MÉCANIQUE

THERMODYNAMIQUE

LES MACHINES THERMIQUES

Gilles PERNOT

gilles.pernot@univ-lorraine.fr

Bureau 404.1 (4^{ème} étage ENSEM)



UE FONDEMENTS DE LA MÉCANIQUE

THERMODYNAMIQUE

- ❖ PARTIE N°1: PRÉSENTATION SYNTHÉTIQUE DES PRINCIPES
 - ❖ PARTIE N°2: ÉCHANGES D'ÉNERGIE – TRAVAIL ET CHALEUR
 - ❖ PARTIE N°3: APPLICATIONS DU 1^{ER} PRINCIPE
 - ❖ PARTIE N°4: SECOND PRINCIPE ET NOTION D'IRRÉVERSIBILITÉ
-



PARTIE N°1 – PEUT-ON FABRIQUER UNE MACHINE MONOTHERME ?

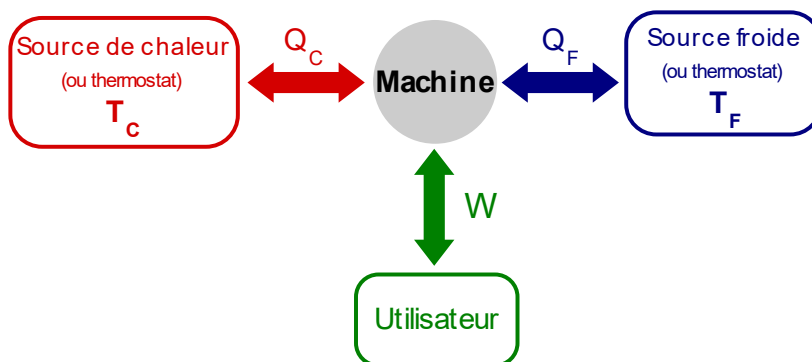
Machine monotherme = machine associée à UNE source de chaleur

Existe-t-il une machine (monotherme) qui puisse recevoir de la chaleur d'une source chaude et fournir un travail mécanique de cette chaleur ?

PARTIE N°2: LES MACHINES DITHERMES

Machine ditherme

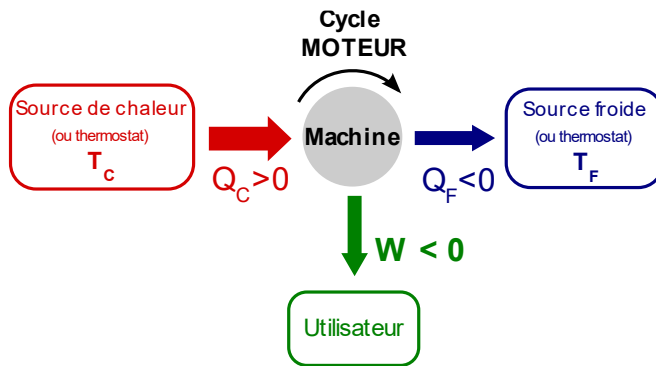
❖ Machine ditherme = machine associée à 2 sources de chaleur



PARTIE N°2: LES MACHINES DITHERMES

Le cycle moteur

□ **Cycle moteur** = cycle (PV ou TS) parcouru dans le **sens HORAIRE**.



□ **Rendement d'un moteur:**

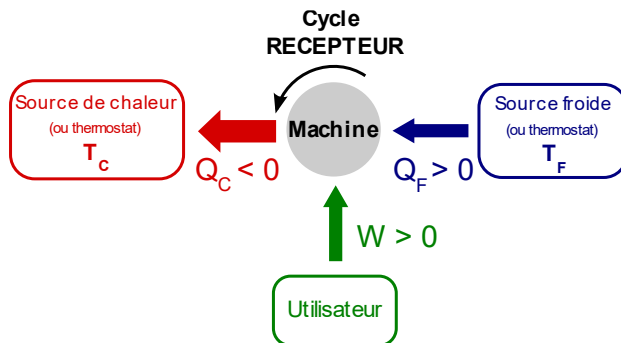
$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{\text{Energie (Puissance) cedée}}{\text{Energie (Puissance) fournie}} = \frac{|W|}{Q_C}$$

6

PARTIE N°2: LES MACHINES DITHERMES

Les cycles récepteurs

□ **Cycle récepteur** = cycle (PV ou TS) parcouru dans le sens **ANTI-HORAIRE**.



7

PARTIE N°2: LES MACHINES DITHERMES

La machine frigorifique

- Efficacité d'une machine frigorifique:

$$e_{frigo} = \frac{Q_F}{W}$$

Chaleur reçue de la source froide en Joule.

Travail fourni à la machine en Joule.

Efficacité de la machine

8

PARTIE N°2: LES MACHINES DITHERMES

La pompe à chaleur

- Coefficient de performance d'une pompe à chaleur (PAC):

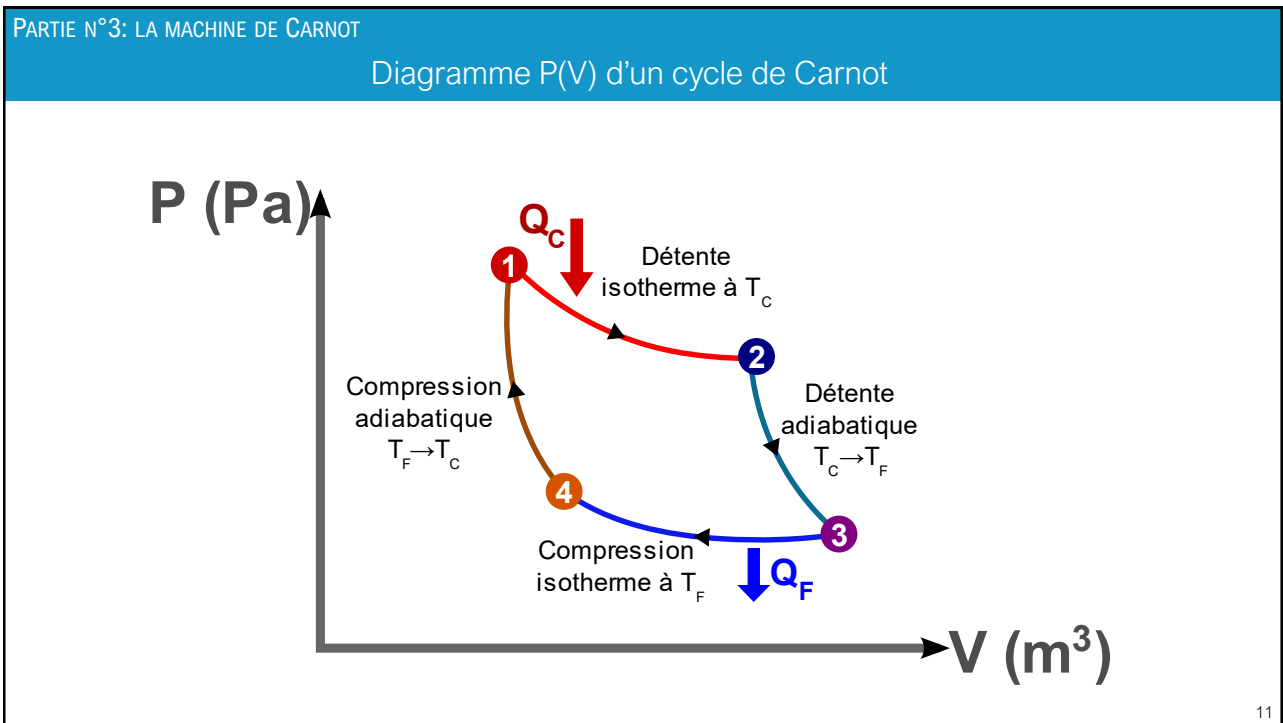
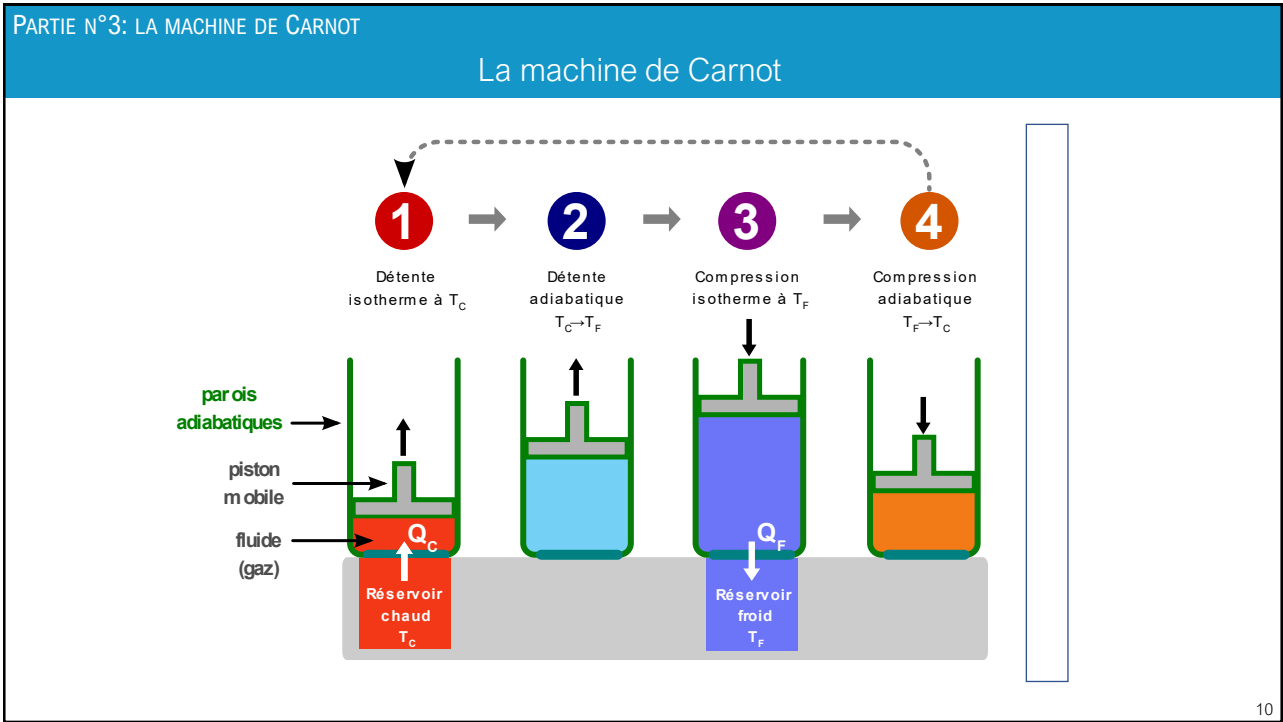
$$COP_{PAC} = \frac{|Q_C|}{W}$$

Chaleur cédée à la source chaude en Joule.

Travail fourni à la PAC en Joule.

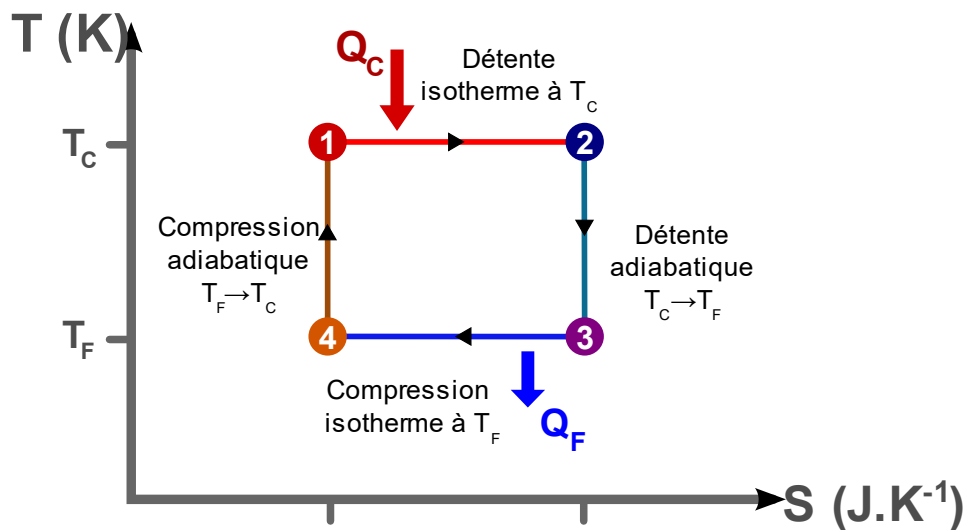
Coefficient de performance

9



PARTIE N°3: LA MACHINE DE CARNOT

Diagramme T(S) d'un cycle de Carnot



12

PARTIE N°3: LA MACHINE DE CARNOT

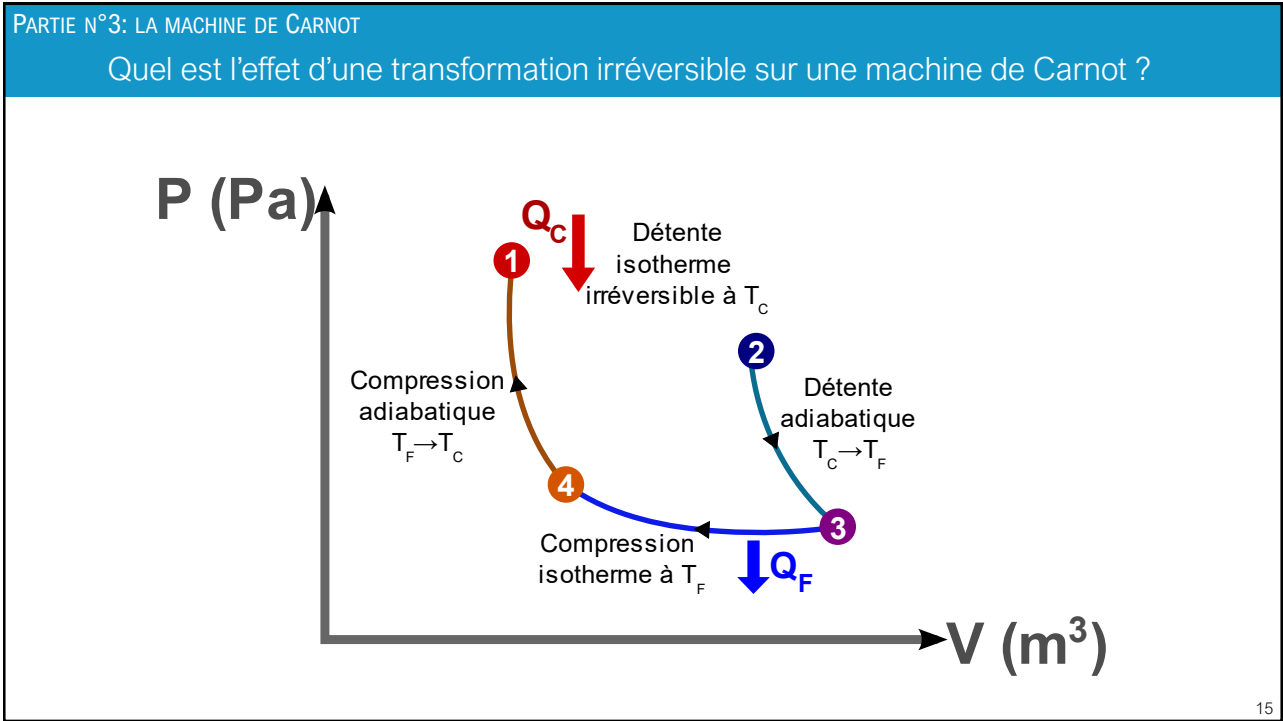
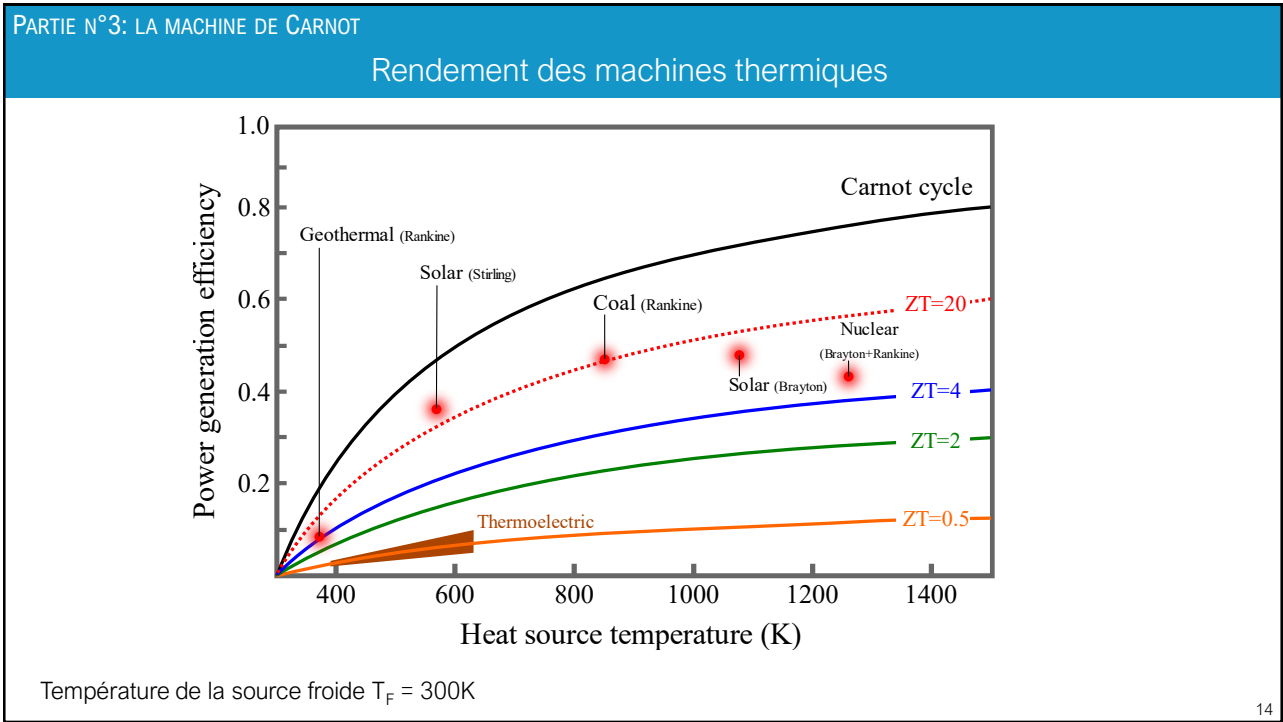
Rendement d'une machine de Carnot

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_F}{T_C}$$

Annotations:

- η_{Carnot} : Rendement de la machine
- T_F : Température de la source froide en Kelvin
- T_C : Température de la source chaude en Kelvin

13



UE FONDEMENTS DE LA MÉCANIQUE

THERMODYNAMIQUE

CYCLE RÉEL DE BEAU DE ROCHAS OU D'OTTO



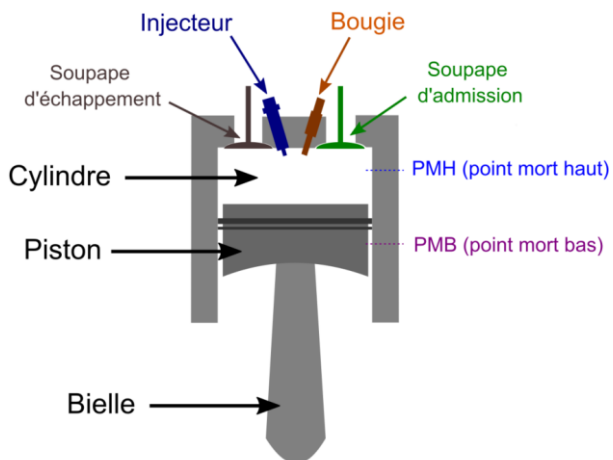
PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Autres cycles importants

- ❑ **Cycle de Beau de Rochas ou cycle d'Otto**: principe du moteur à allumage (2 ou 4 temps)
- ❑ **Cycle Diesel**: 2 adiabatiques + 1 isochore + 1 isobare (traité en TD)
- ❑ **Cycle de Stirling**: détaillé dans le complément disponible sur Arche
- ❑ Cycle de Brayton, Rankine...

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Les éléments d'un moteur à combustion

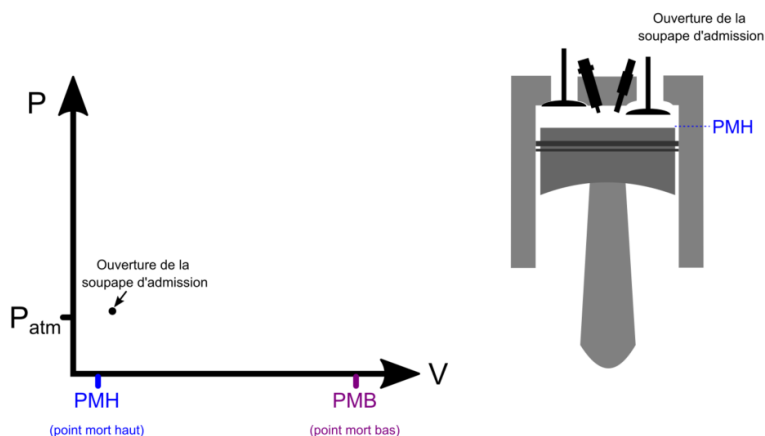


18

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Moteur à 4 temps – Cycle de Beau de Rochas ou Otto

□ Etape n°1 / 6 : début du cycle

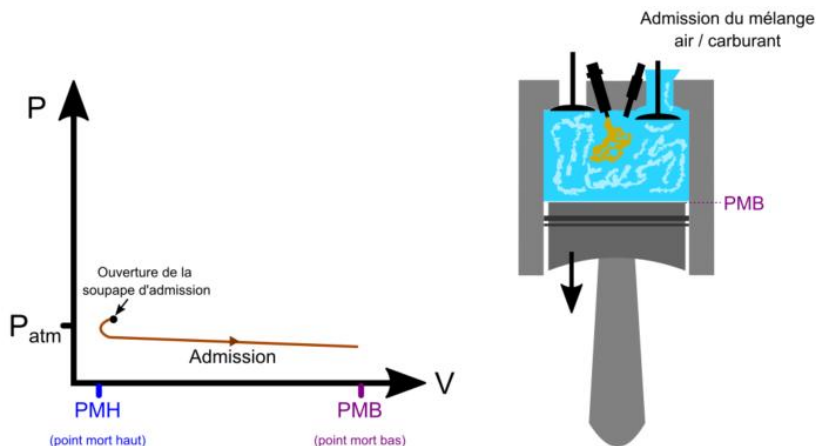


19

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Moteur à 4 temps – Cycle de Beau de Rochas ou Otto

- Etape n°2 / 6: admission du mélange air / carburant

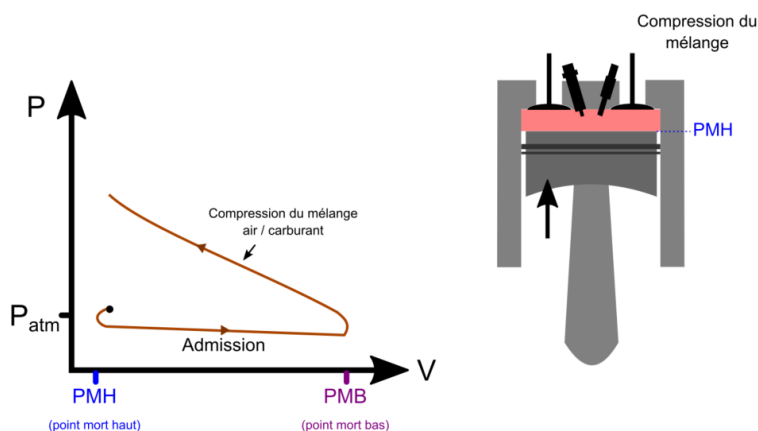


20

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Moteur à 4 temps – Cycle de Beau de Rochas ou Otto

- Etape n°3 / 6: compression du mélange air / carburant

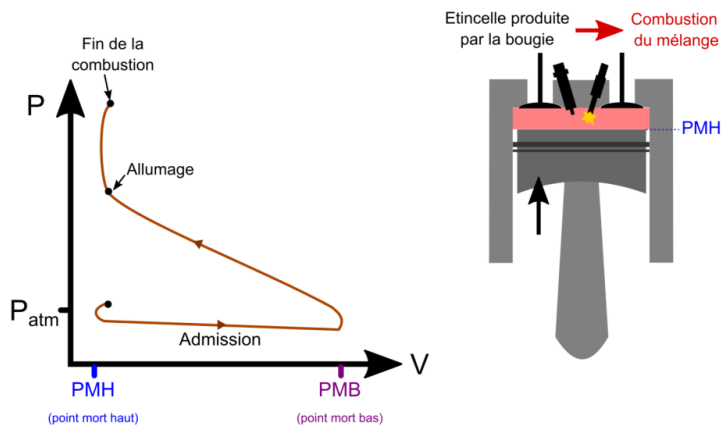


21

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Moteur à 4 temps – Cycle de Beau de Rochas ou Otto

□ Etape n°4 / 6: combustion du mélange

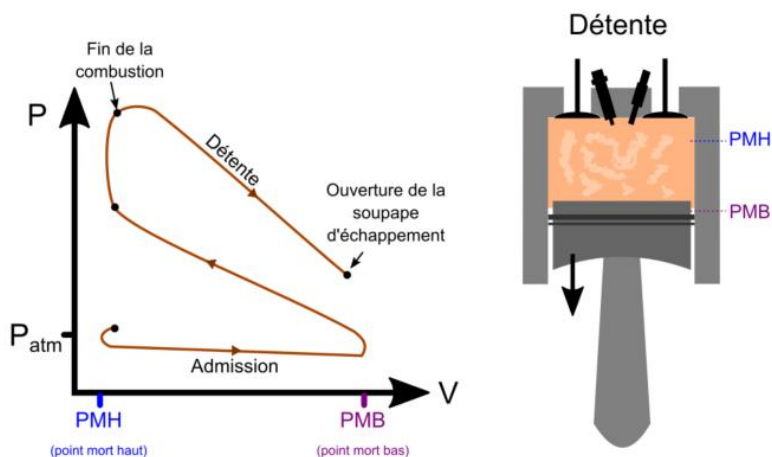


22

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Moteur à 4 temps – Cycle de Beau de Rochas ou Otto

□ Etape n°5 / 6: détente

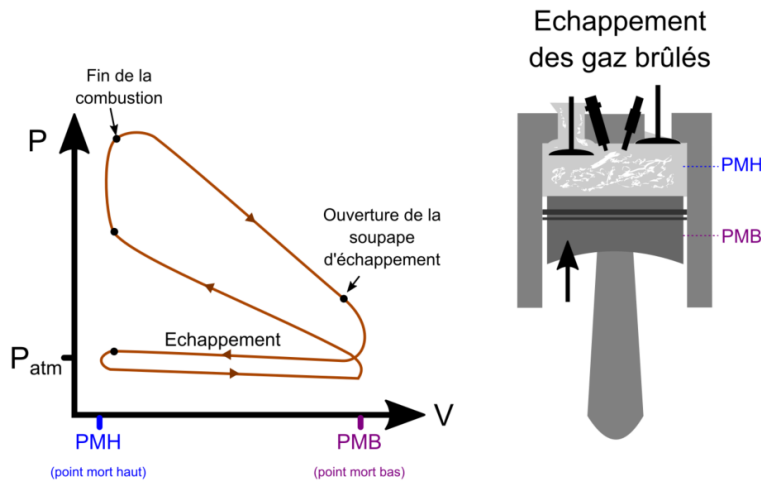


23

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Moteur à 4 temps – Cycle de Beau de Rochas ou Otto

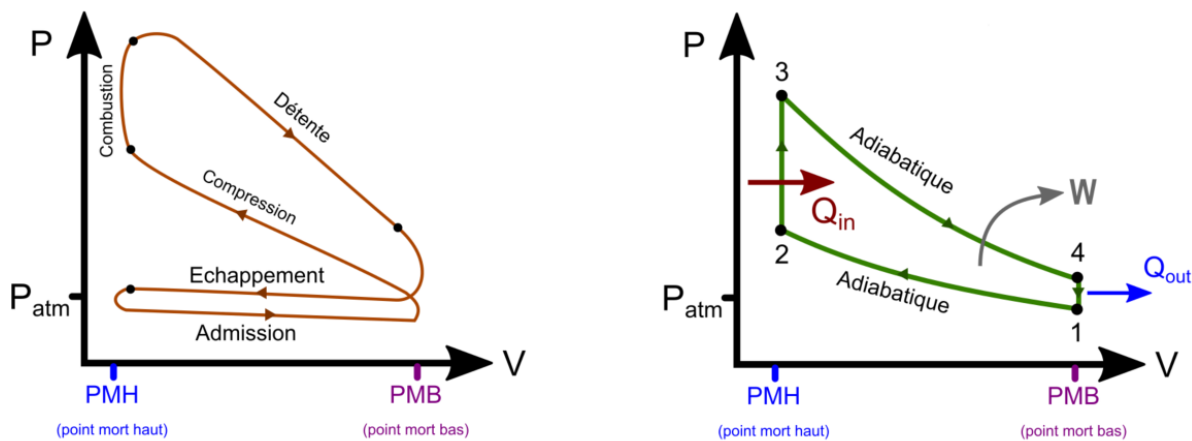
□ Etape n°6 / 6: échappement des gaz de combustion



24

PARTIE N°4: CYCLE RÉEL

Cycle réel vs cycle théorique de Beau de Rochas



25