

# CAPITULO 1

INTRODUÇÃO AOS  
MOTORES DE COMBUSTÃO  
INTERNA

# HISTORICO DOS MOTORES

---

- 1824: Sadi CARNOT escreve “Reflexões sobre a potência motriz do fogo”;
- 1860: LENOIR escreve na Bélgica: “O motor sem compressão”;
- 1862: França. Alphonse BEAU du ROCHAS define teoricamente o ciclo do motor a 4 tempos;
- 1876: Nicolas OTTO constrói o primeiro motor a combustão, seguindo a teoria de BEAU du ROCHAS;
  - Taxa de compressão: 2,5:1 e rendimento de 15%.
- 1884: Primeiro automóvel em 12/12/1884 na França

# HISTORICO DOS MOTORES

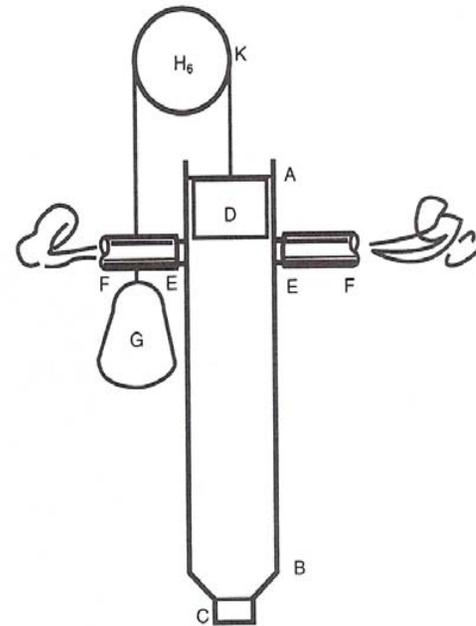
---

- 1894: Primeira corrida de automóvel entre as cidades de Paris e Rouen;
- 1897: Surge o primeiro motor DIESEL, construído por.....Rudolf DIESEL, em Augsburg na Alemanha.
  - 20cv a 172 rpm,  $\eta \sim 26\%$
- 1898: Primeiro salão do automóvel, Paris.
- 1904: Primeiro navio a Diesel;
- 1909: Motor diesel injeção Indireta pronto para entrar em produção;
- 1912: Primeira locomotiva a Diesel;
- 1936: Primeiro veículo de passeio Diesel, Mercedes 260D;
- 1954: Surge o motor rotativo (Wankel);
- 1989: Primeiro veículo de passeio Diesel a injeção direta (Audi);
- 1997: Primeiro veículo de passeio com injeção direta a gasolina (Mitsubishi GDI);



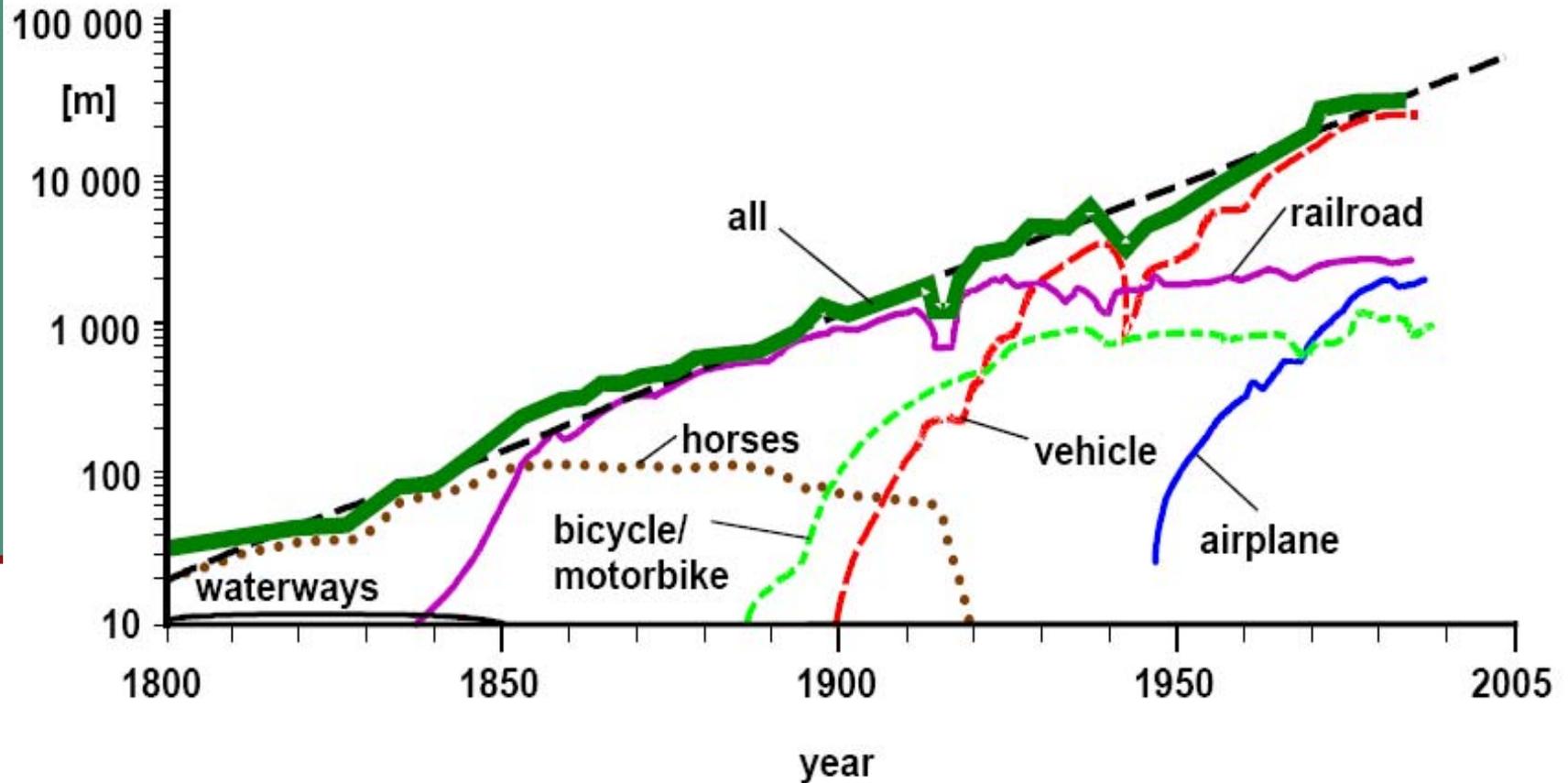
# HISTORICO DOS MOTORES

- E antes dele, em 1673, o físico alemão Christian Huygens, a mando do rei Louis XIV, da França, desenvolveu o primeiro motor a combustão interna. A pólvora, mas a combustão interna.
- Objetivo do motor: bombear mais de 3000 m<sup>3</sup> de água para abastecer as fontes do palácio de Versailles.

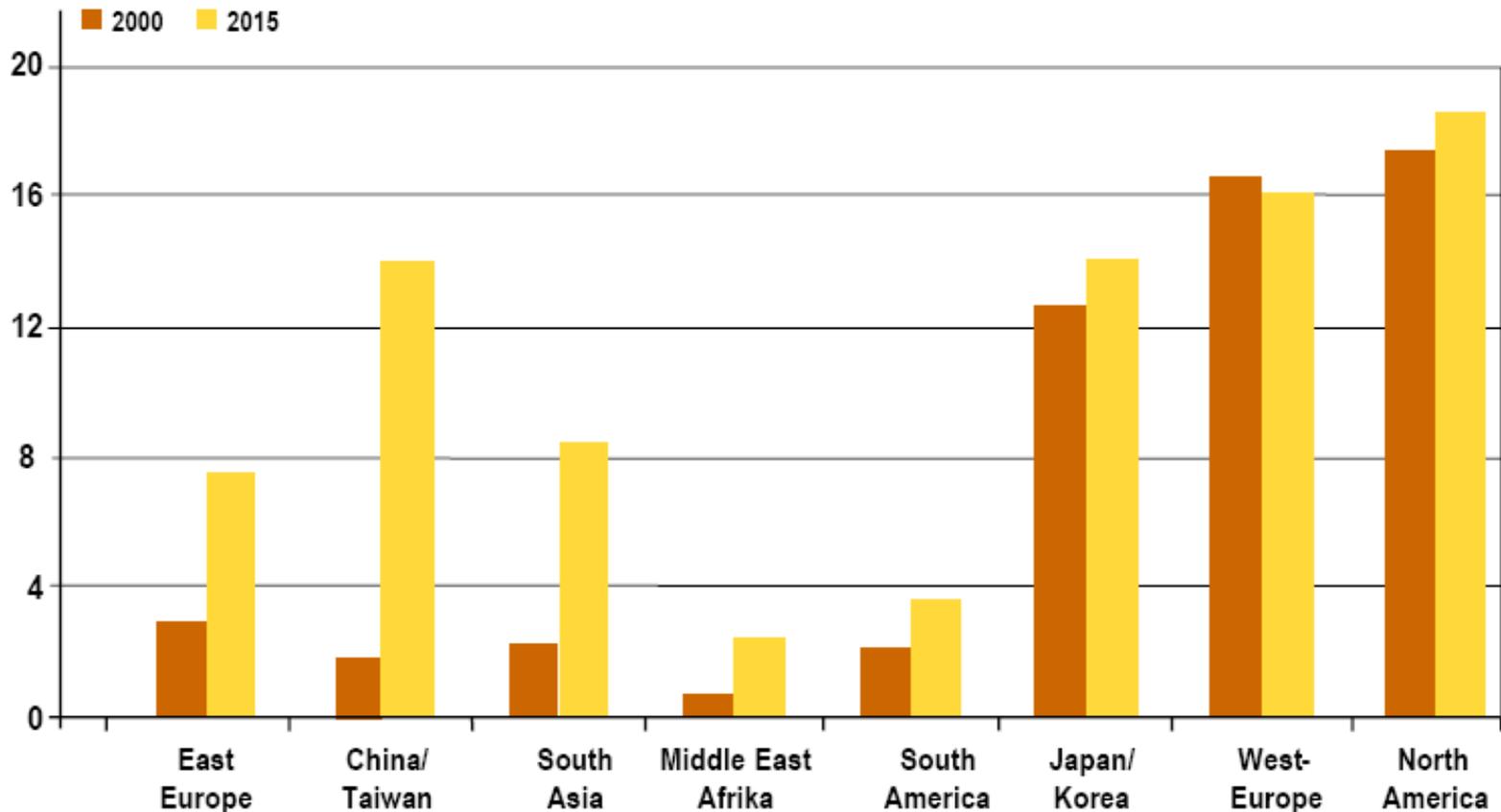


*Fig. 1-1 Conceptual drawing of internal-combustion engine originated by Huygens (1673).*

Desde então, cada pessoa percorre por dia....

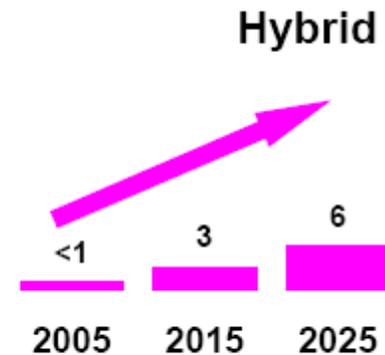
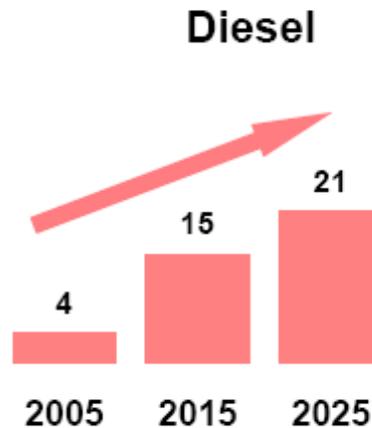
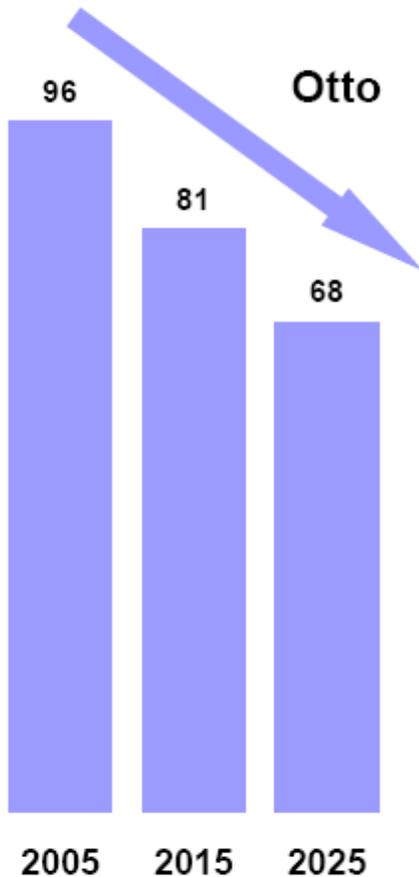


# Desde então, a produção de veículos aumenta a cada dia....

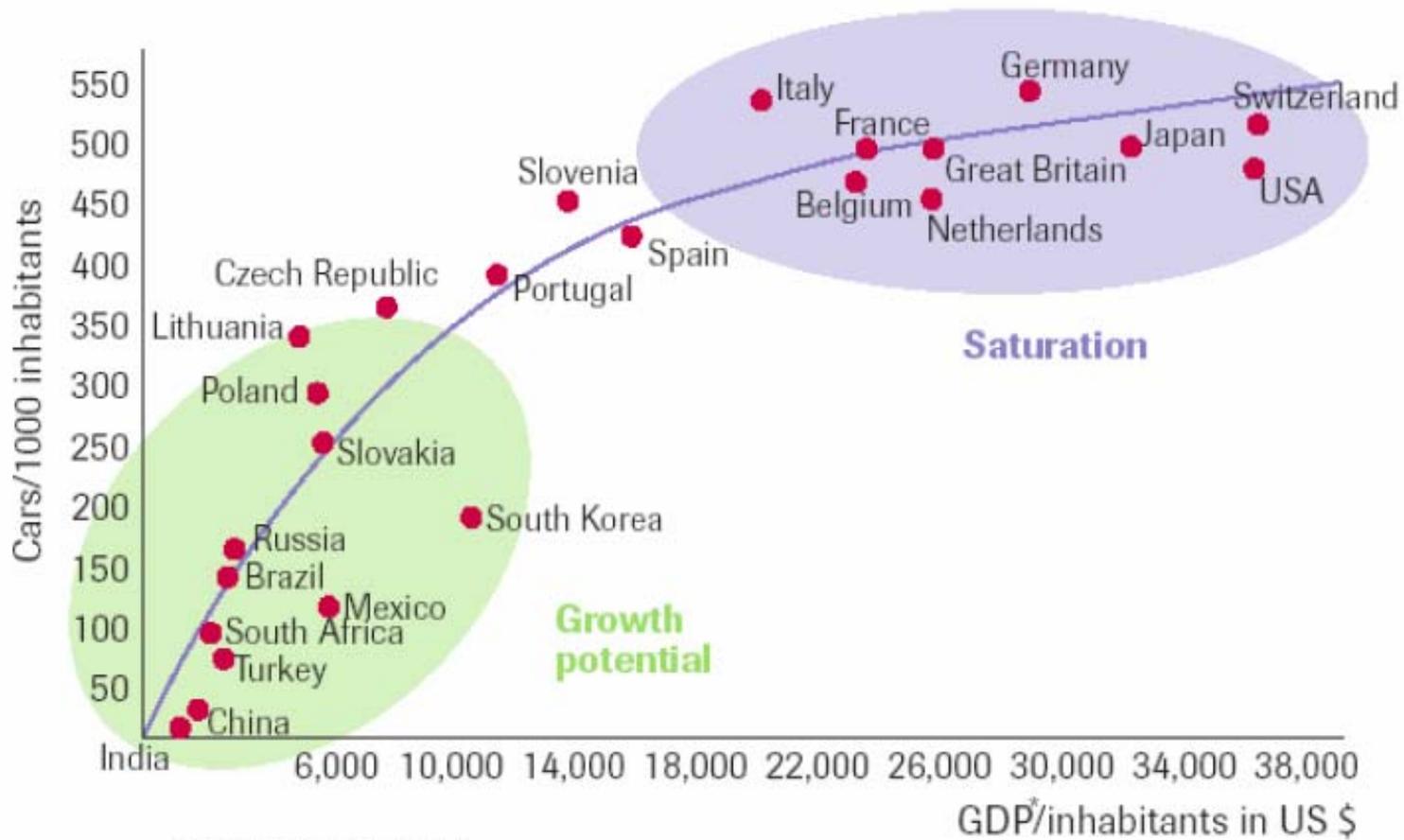


# Previsão para o mercado americano

in percent



# Carros por 1000 habitantes



\*) Gross Domestic Product

# Glossário técnico

Português - Turvês

# Glossário Técnico

---

- Nicre
  - bom, bonito, legal, caprichado,....
- Galou
  - Aquilo que deu certo
- Krozenado
  - potente, i.e: motor envenenado.
- Esgualepado
  - ruim, capenga, maltratado
- Suplinésio
  - Entidade biológica genérica representando um ser humano
- Ladinagem
  - Estratégia, macete
- Bobiça
  - Besteira, tranqueira, balela....



# CLASSES DE MOTORES

# CLASSES DE MOTORES

---

- **A combustão interna:** São os motores onde os produtos da combustão constituem eles mesmos o fluido de trabalho.
- **A combustão externa:** São aqueles aonde o calor dissipado por uma combustão é transferido a um fluido intermediário (ar, hidrogênio, vapor d`água etc). Este fluido intermediário que é o gerador do trabalho mecânico.

# CLASSES DE MOTORES

---

No caso dos motores a combustão interna podemos distinguir ainda:

- **Motores alternativos** do tipo a “ignição por centelha” e motores a ignição por compressão ou “Diesel”.
- **Motores axiais:** No caso das turbinas de avião e a gás.
  - Nestes últimos, as diferentes evoluções do fluido motor acontecem em espaços sucessivos e justapostos. Ao contrário dos motores alternativos onde as transformações acontecem todas no mesmo espaço, a câmara de combustão.

# CLASSES DE MOTORES

## Systematics of combustion engines

Type of Process		Open Process				Closed Process	
		Internal Combustion				External Combustion	
		Combustion Gas = Working Medium				Combustion Gas ≠ Working Medium	
Phase change in working medium							
		No			Yes		
Type of Combustion		Cyclic Combustion			Continuous Combustion		
Type of Ignition		Auto Ignition	External Ignition				
Type of Machine	Engine	Diesel	Hybrid	Otto	Rohs	Sterling	Steam
	Turbine	-	-	-	Gas	Hot steam	Steam
Type of mixture		heterogeneous homogeneous		homogeneous (heterogeneous)	heterogeneous		
place of mixture formation		in the combustion chamber or outside of the combustion chamber			outside of the working chamber in a continuous flame		

# CLASSES DE MOTORES

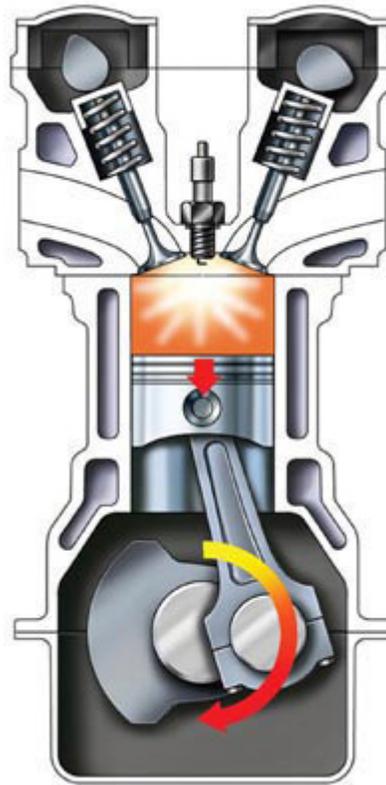
## Motors axiaux



# CLASSES DE MOTORES

---

- Motores alternativos



# Famílias de motores alternativos

---

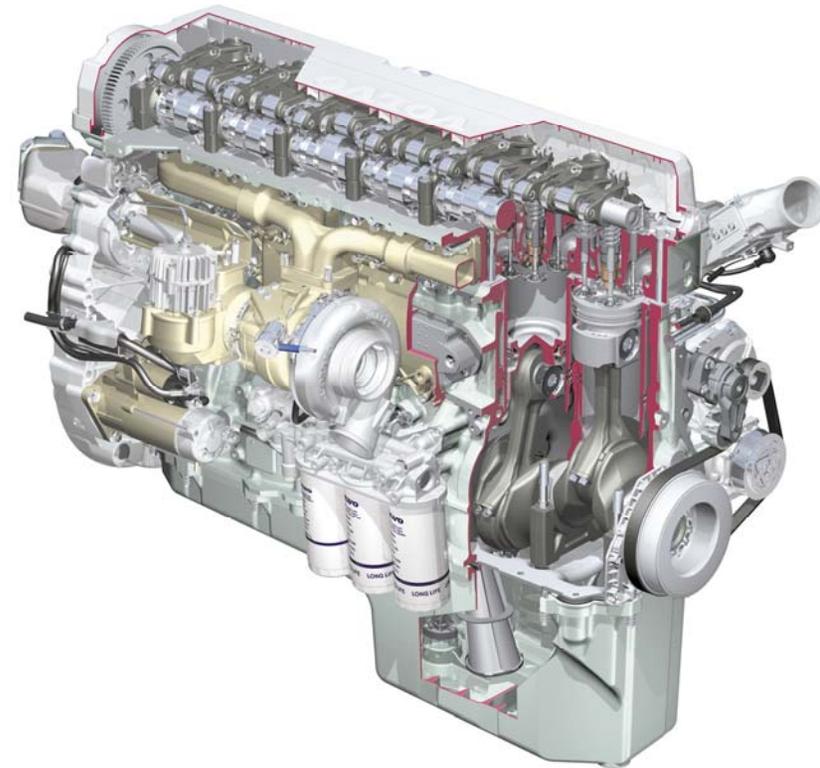
- Ciclo termodinâmico 2 ou 4 tempos
- Modo de combustão
  - Ignição por centelha;
  - Ignição por compressão;
  - Carga estratificada e/ou lean burn;
  - Dual-Fuel;
  - HCCI;
  - ATAC
- Natureza do combustível
  - Gasolina, etanol, metanol;
  - Diesel;
  - Gás liquefeito de petróleo, G.N.V, etc

# Famílias de motores alternativos

- Modo de alimentação em combustível
  - Carburador;
  - Injeção de gasolina indireta mono ou multi-ponto; com baixa pressão de injeção (< 5 bar)
  - Injeção direta de gasolina (50-150 bar);
  - Injeção indireta Diesel em pré-câmara de combustão;
  - Injeção direta Diesel, com bombas de injeção em linha, rotativa, com o sistema 'Common rail', Unidades injetoras.
- Modo de alimentação em ar
  - Aspiração natural
  - Sobre-alimentação

# •Especificações de um motor DIESEL pesado

- Fabricante: VOLVO  
Powertrain
- Tipo do Motor: D13A/B/F
- Deslocamento volumétrico (cm<sup>3</sup>): 12.600
- Diâmetro: 135 mm
- Curso: 156 mm
- Potência: 360-520 hp a 1800 rpm
- Torque: 1900-2550 Nm a 1050 rpm
- Razão de compressão: 18:1
- Emissões: Euro3/4/5 , US07, US10, JPN-NLT,





# OS CICLOS MOTOR

# OS CICLOS MOTOR

## ■ 2 TEMPOS

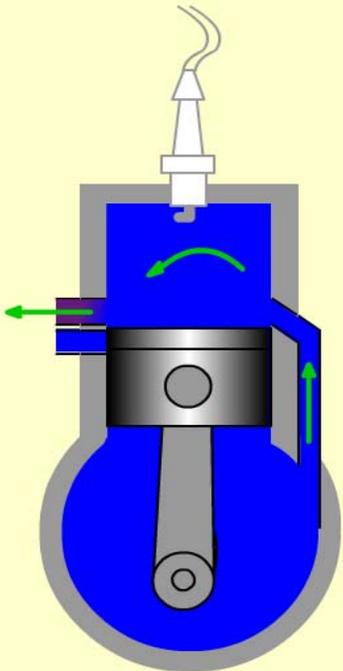
Flash  
File View Control Help

### Der Zweitaktmotor

→ 1. Takt: **komprimieren** und **ansaugen**

→ 2. Takt: **arbeiten** und **ausstoßen**

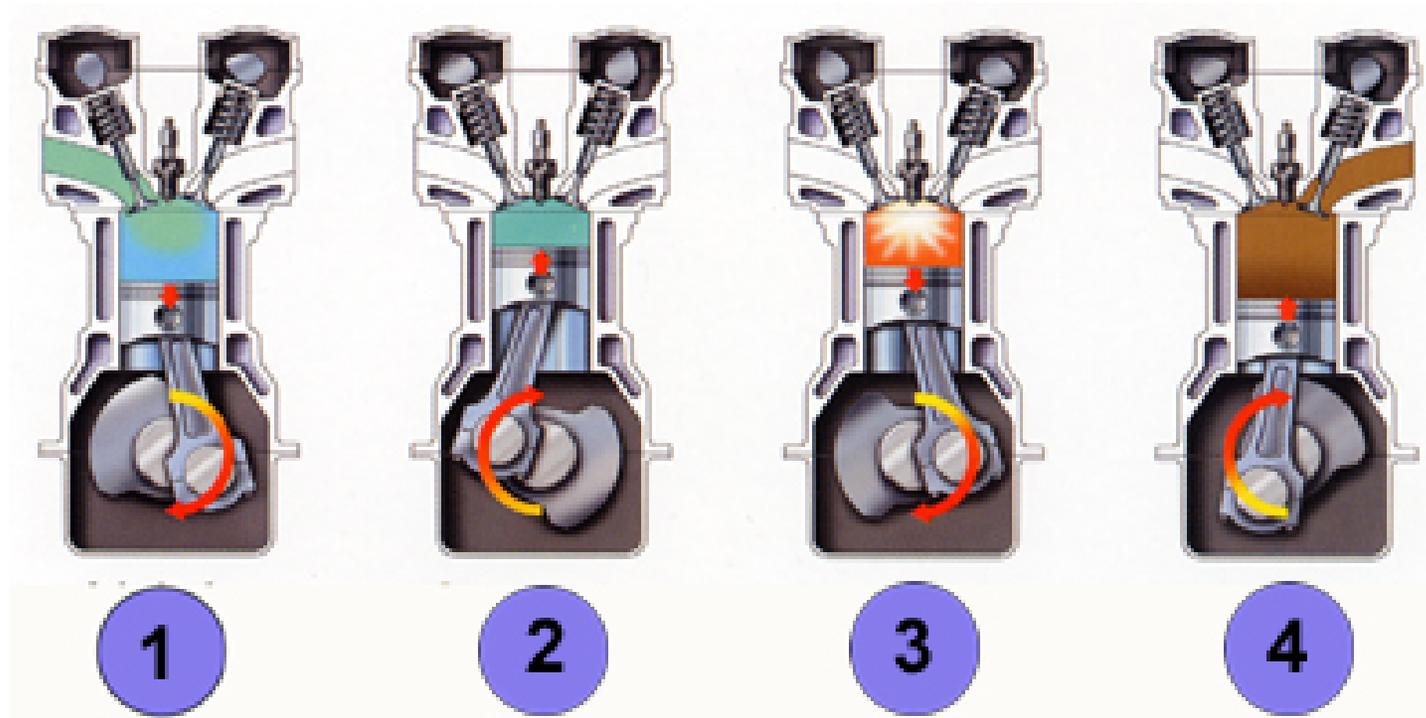
-1 || ▶ +1



© 2000 Abendschön M.

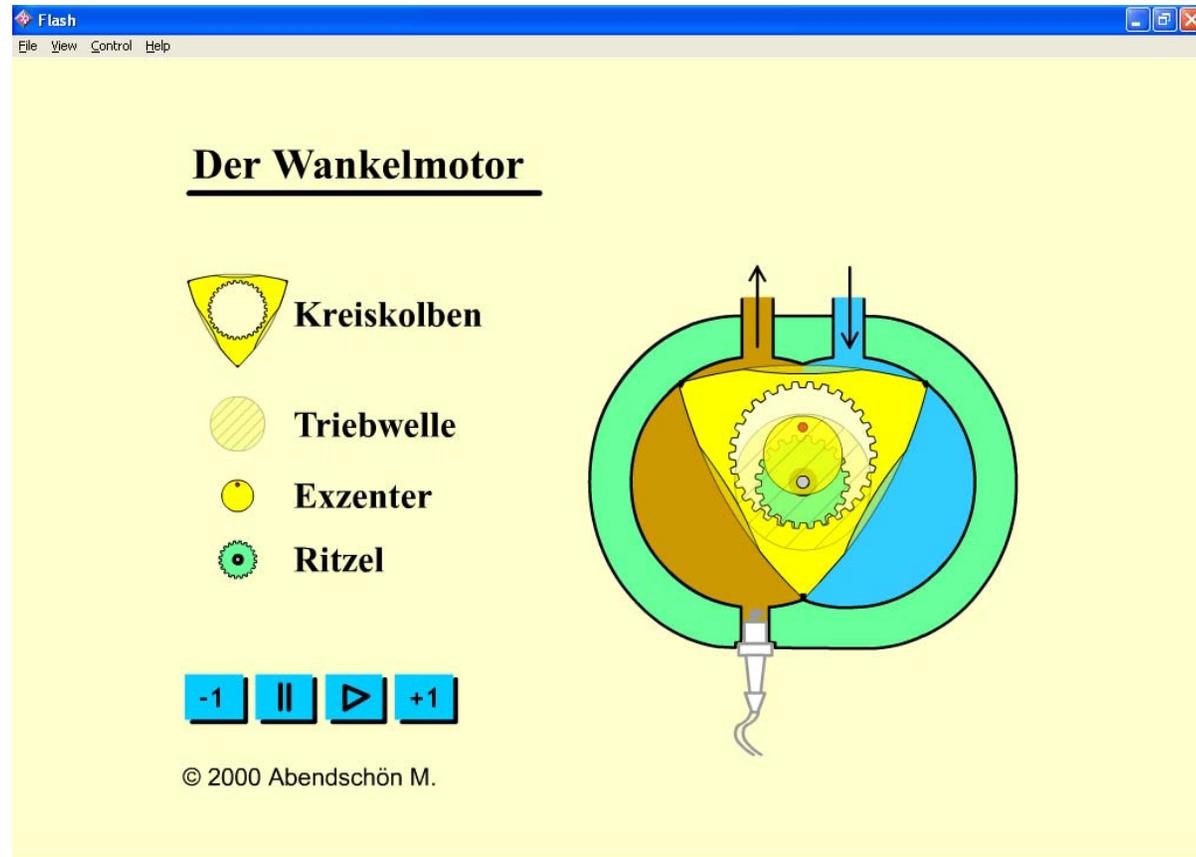
# OS CICLOS MOTOR

## ■ 4 TEMPOS



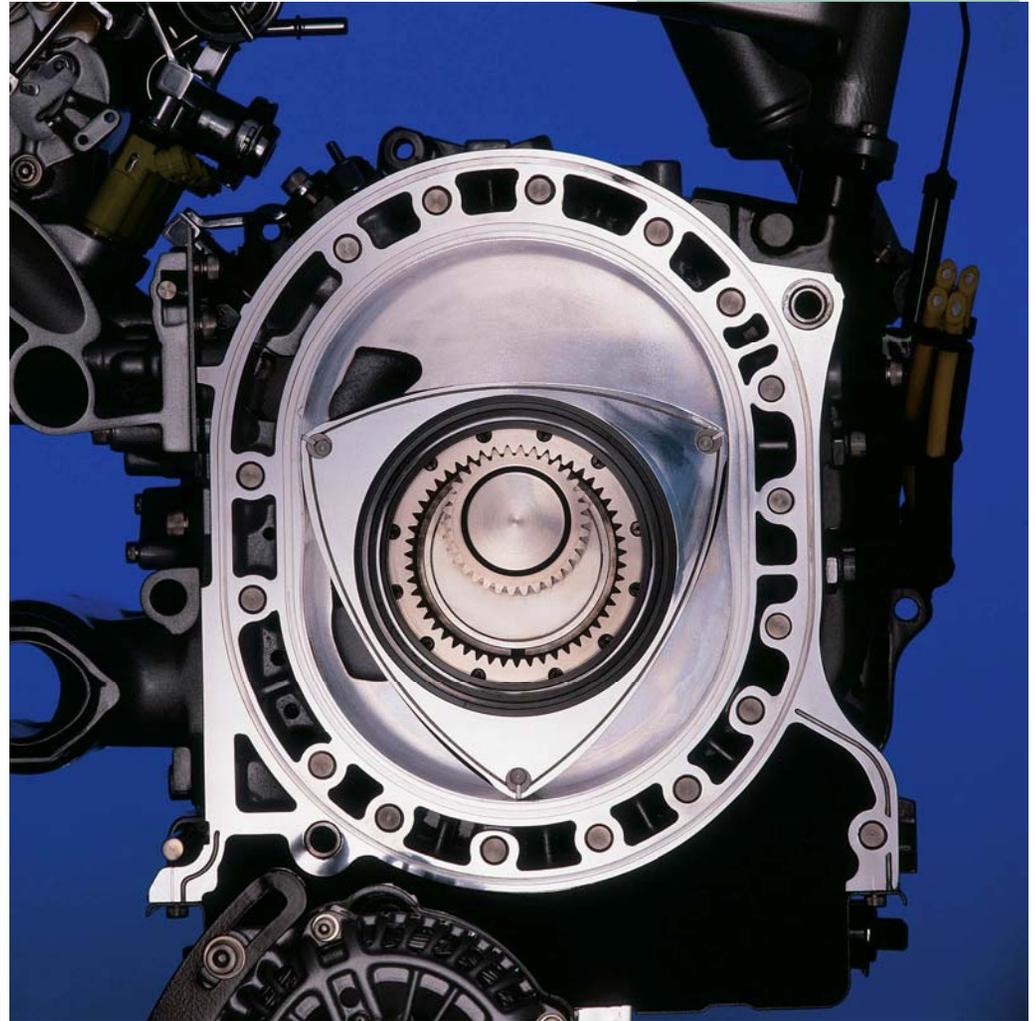
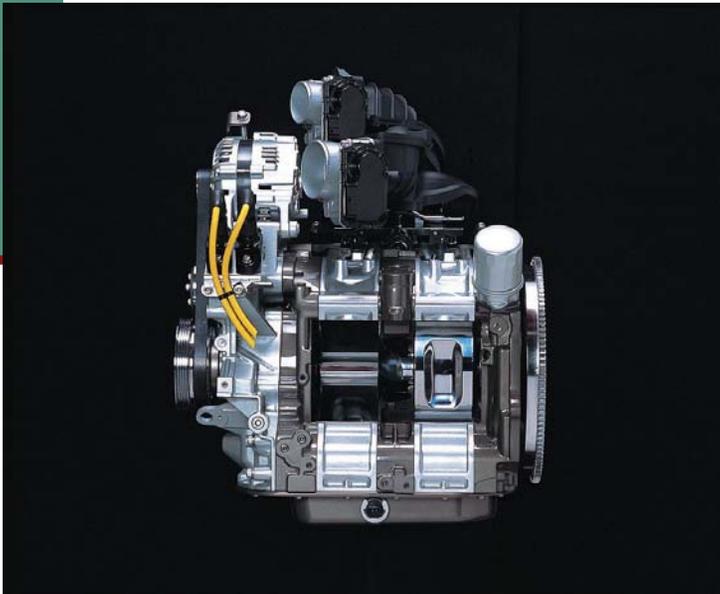
# OS CICLOS MOTOR

## ■ WANKEL



# OS CICLOS MOTOR

- WANKEL
- Pode-se considerá-lo também como motor a pistão rotativo.



# OS CICLOS MOTOR

## ■ WANKEL



# OS CICLOS MOTOR

- WANKEL



# CLASSES DE MOTORES

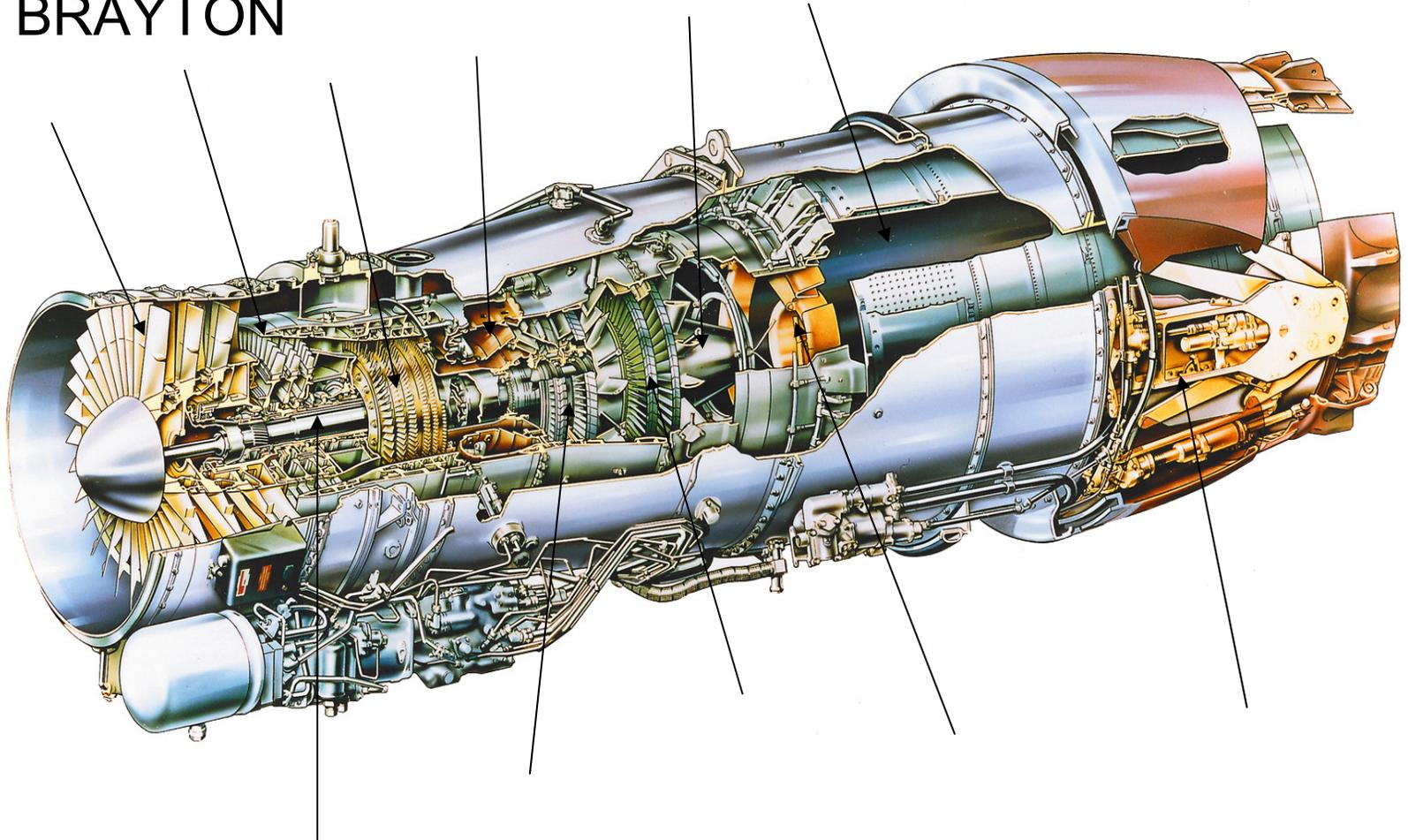
## ■ BRAYTON

- **Early Gas Turbine History**
- **1791** First patent for a gas turbine (John Barber, United Kingdom)
- **1904** Unsuccessful gas turbine project by Franz Stolze in Berlin (first axial compressor)
- **1906** GT by Armengaud Lemale in France (centrifugal compressor, no useful power)
- **1910** First GT featuring intermittent combustion (Holzwarth, 150 kW, constant volume combustion)
- **1923** First exhaust-gas turbocharger to increase the power of diesel engines
- **1939** World's first gas turbine for power generation (Brown Boveri Company), Neuchâtel, Switzerland (velox burner, aerodynamics by Stodola)

Fonte: M.I.T

# CLASSES DE MOTORES

## ■ BRAYTON



# CLASSES DE MOTORES

## BRAYTON



Compressor Radial

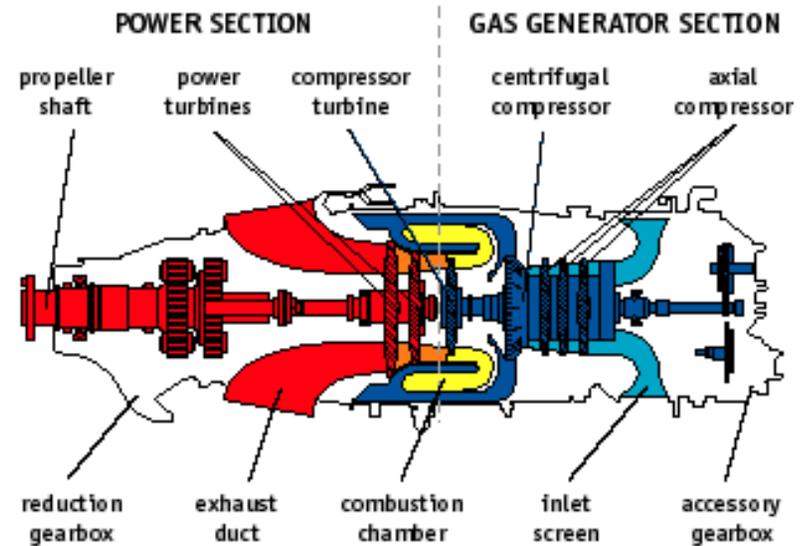
Turbina Axial

# CLASSES DE MOTORES

- BRAYTON
- Exemplo de turbina axial e compressor radial
- Vantagem: compacta, baixo consumo, leve.
- [Veja o vídeo.....](#)



Embraer Super-Tucano



PT-6

# CLASSES DE MOTORES

---

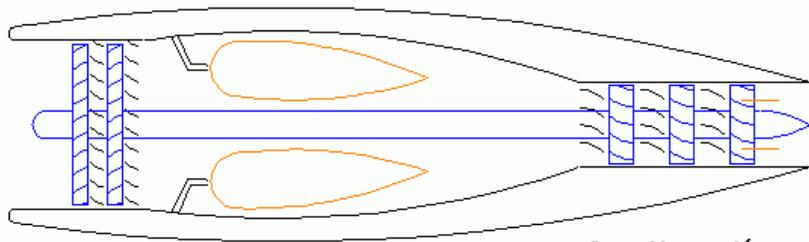
- BRAYTON
- Exemplo de turbina e compressores axial
- Vantagem: Alta performance
- [Veja o vídeo.....](#)



C-130 Hércules

# OS CICLOS MOTOR

- BRAYTON
- Mono-corpo
- Mono-fluxo



Copyright 2001, Kevaney.com



Boeing 707

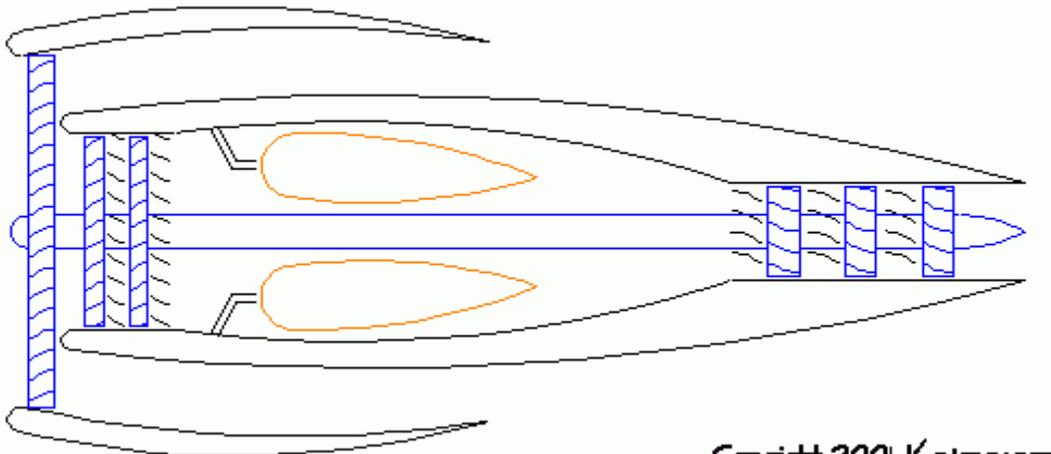
De tão barulhento, seus motores tiveram que receber encapsulamento especial.

# OS CICLOS MOTOR

- BRAYTON
- Duplo corpo
- Duplo fluxo



Foto: GE



Copyright 2001. Kasten.com

# OS CICLOS MOTOR

---

- Para nunca mais esquecer como funciona ...

# CLASSES DE MOTORES

Depois do vídeo, não dá vontade de sair voando??





# ARQUITETURA DO MOTOR

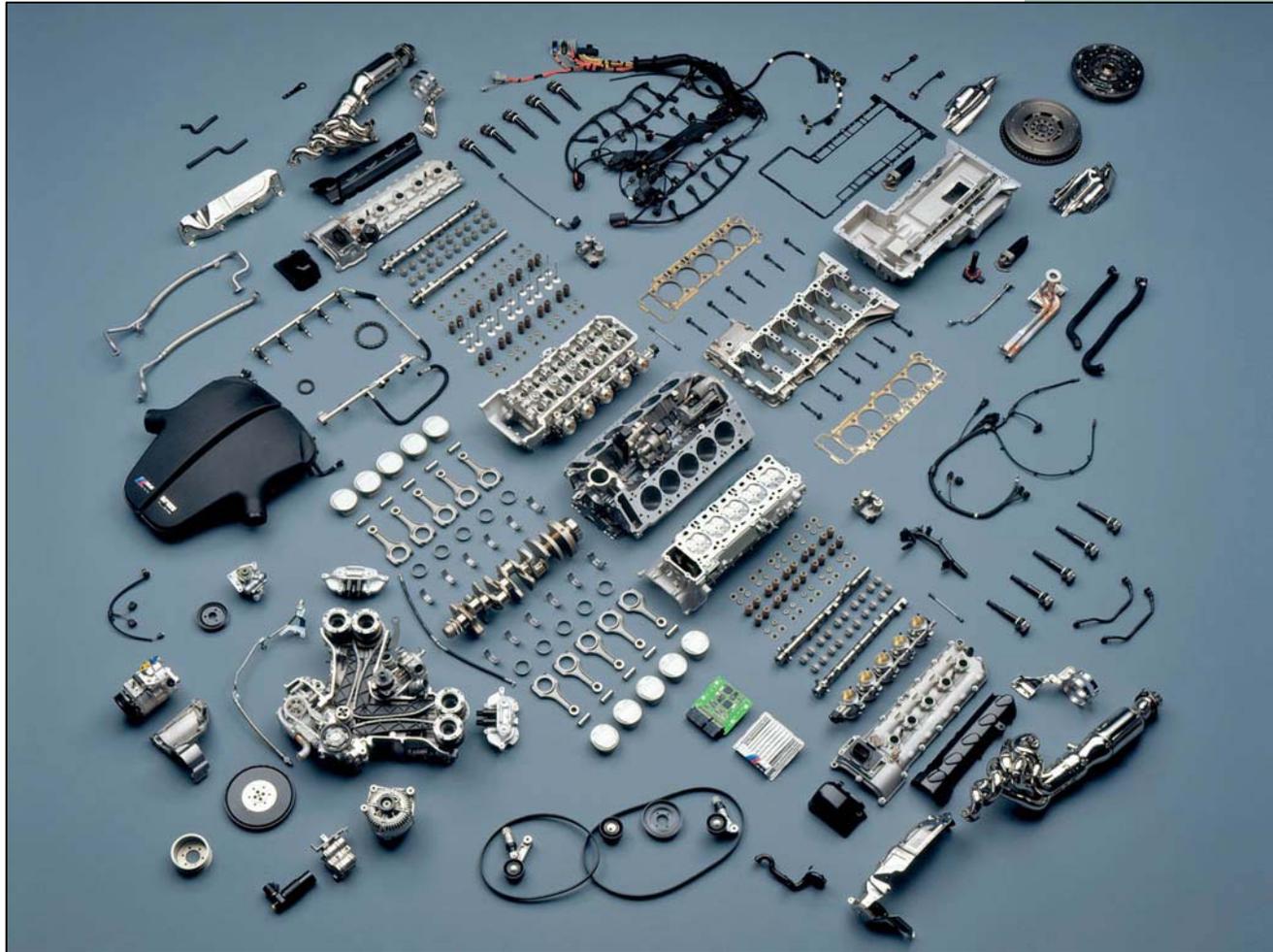
# Os ban-ban-bans 2008

<b>International Engine of the year 2008</b>	<b>BMW</b>	<b>3 liter</b>	<b>Diesel</b>	<b>Twin Turbo</b>
Best New Engine	Toyota	1.5 liter	Gas	Aspirated
Best Performance	Porsche	3.6 Turbo	Gas	Direct injection
Best Sub 1 liter	Toyota	1 liter - 3 cylinder	Gas	Aspirated
Best 1 to 1.4 liter	VW	1.4 TSI Twincharger	Gas	Blower + Turbo + Direct Injection
Best 1.4 to 1.8 liter	BMW-PSA	1.6 liter Turbo	Gas	Turbo
Best 1.8 to 2 liter	VW	2 liter FSI	Gas	Turbo + Direct Injection
Best 2 to 2.5 Liter	Subaru	2.5 Boxer	Diesel	Flat Four Turbo
Best 2.5 to 3 liter	BMW	3 Liter, L6	Gas	Twin Turbo + Direct Injection
Best 3 to 4 Liter	BMW	4 Liter, V8	Gas	Aspirated
Best above 4 Liter	BMW	5 Liter, V10	Gas	Aspirated

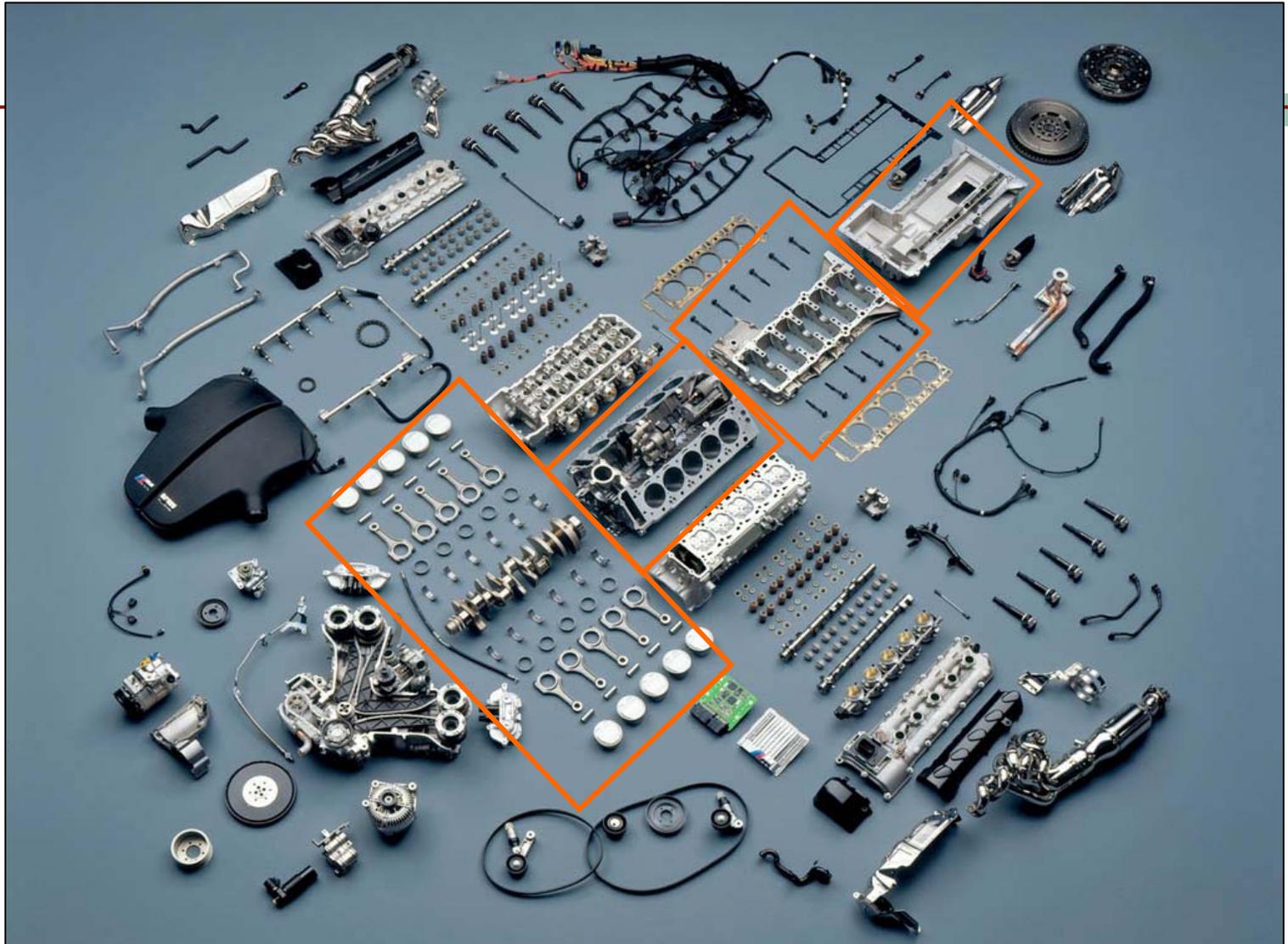
# ARQUITETURA DO MOTOR



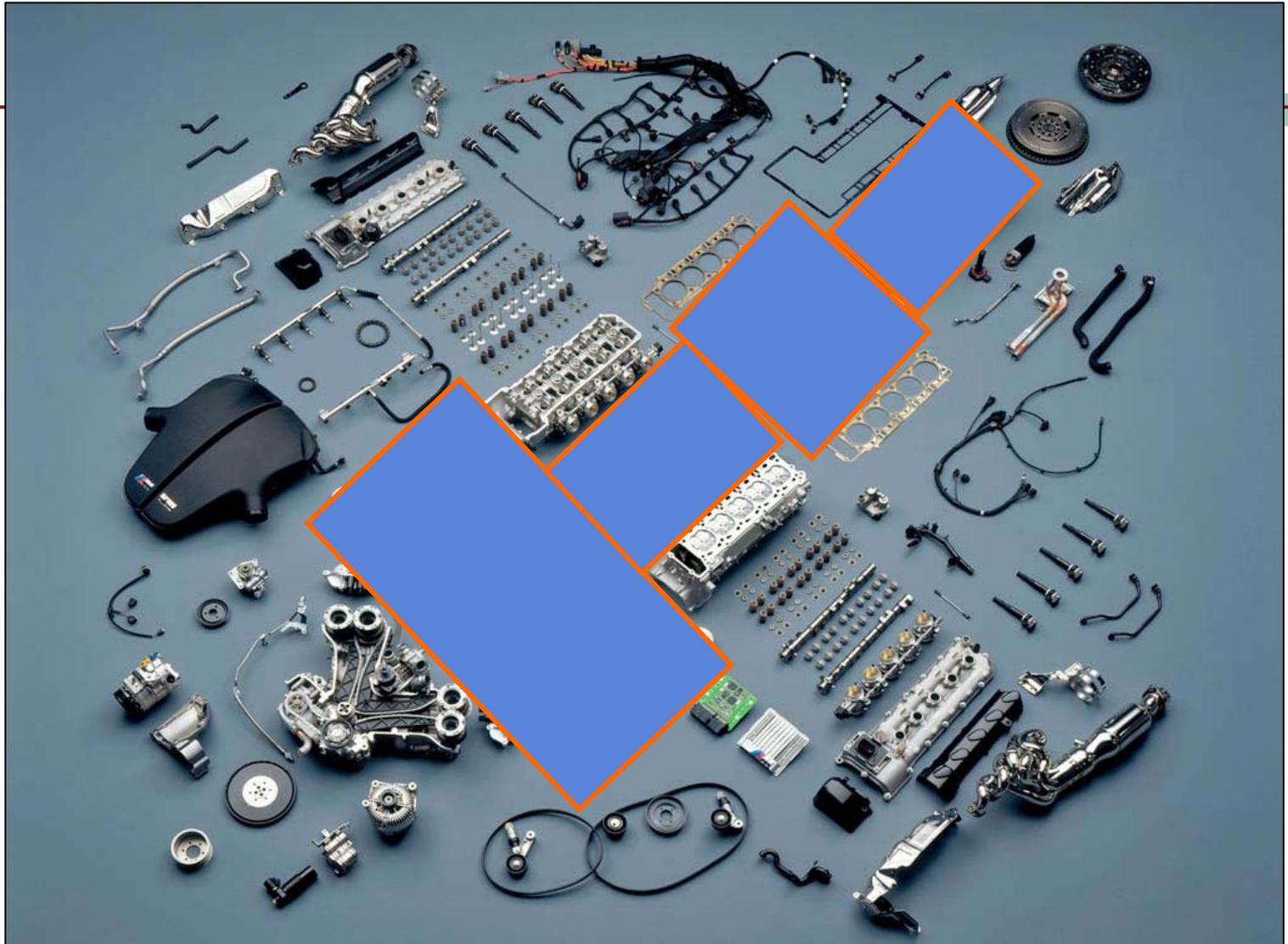
# ARQUITETURA DO MOTOR



# BAIXO MOTOR

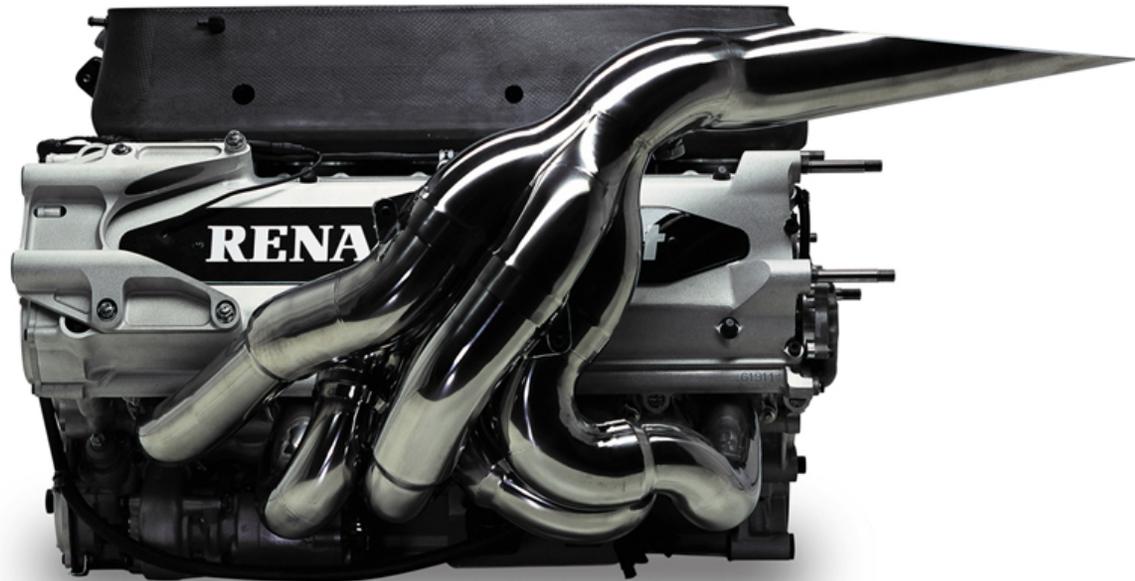


# ALTO MOTOR



# ARQUITETURA DO MOTOR

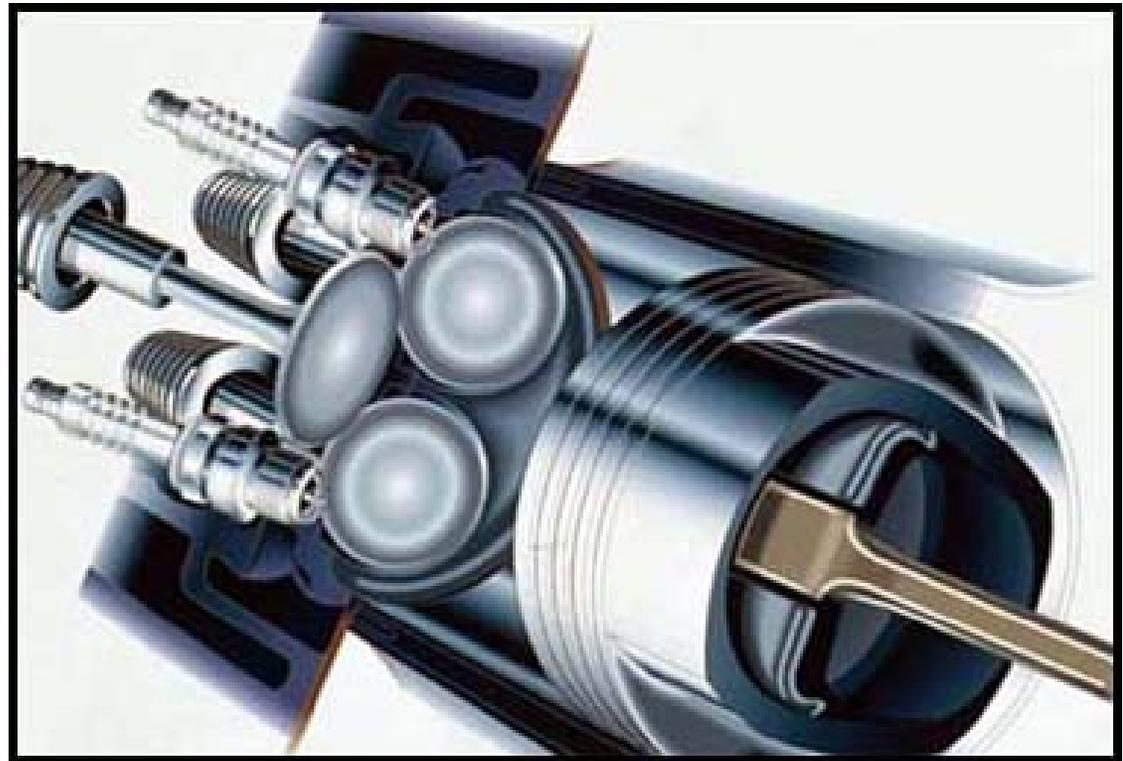
---



Click

# Câmaras de combustão

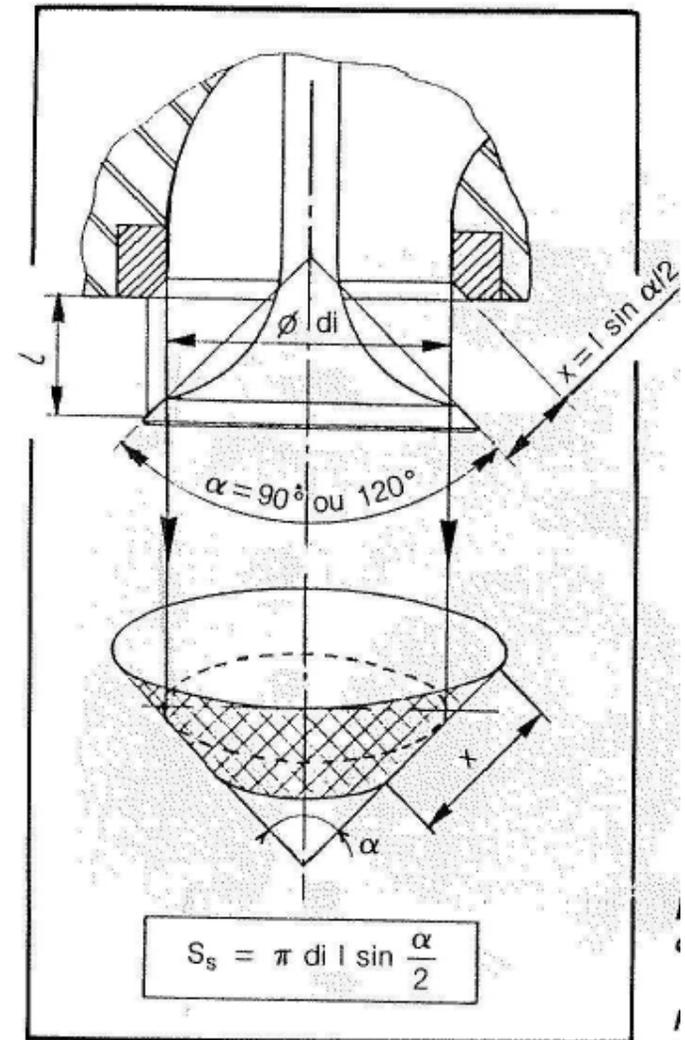
---



Arquitetura do motor  
Quantas válvulas por  
Cilindro???  
8V ou 16V?

## Seção de passagem da mistura “Ss”

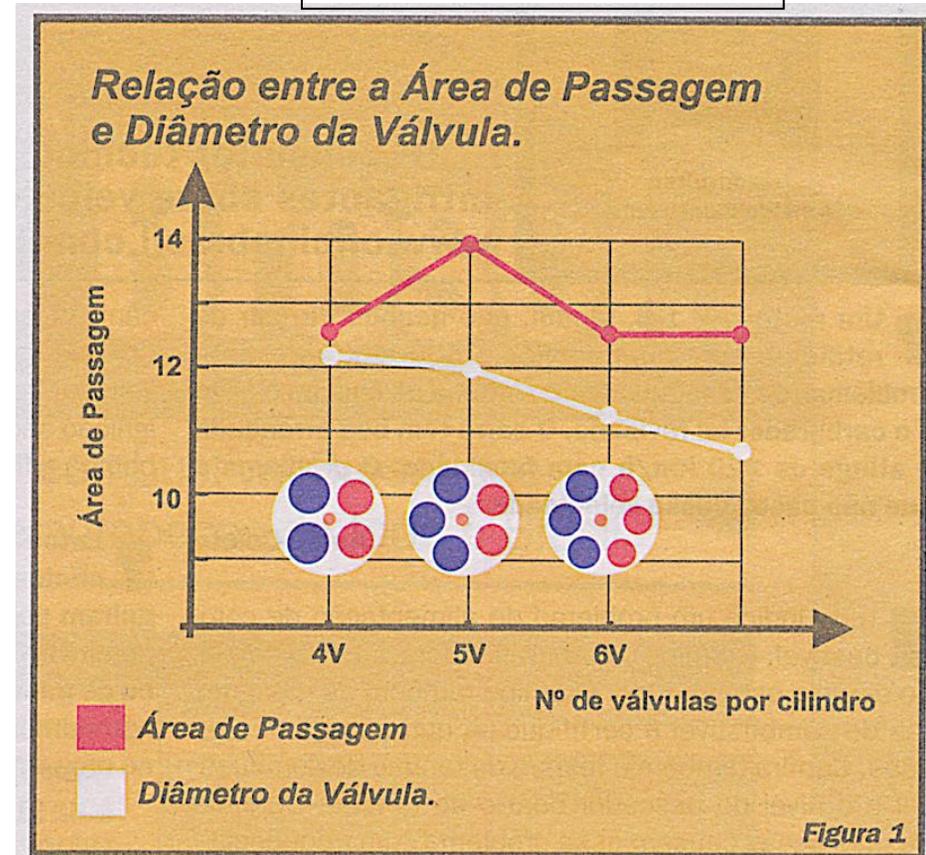
- $d_i$  = diâmetro interno da **sede** da válvula;
- $L$  = Levantamento da válvula;
- $\alpha$  = ângulo de “portée” cônico da válvula;



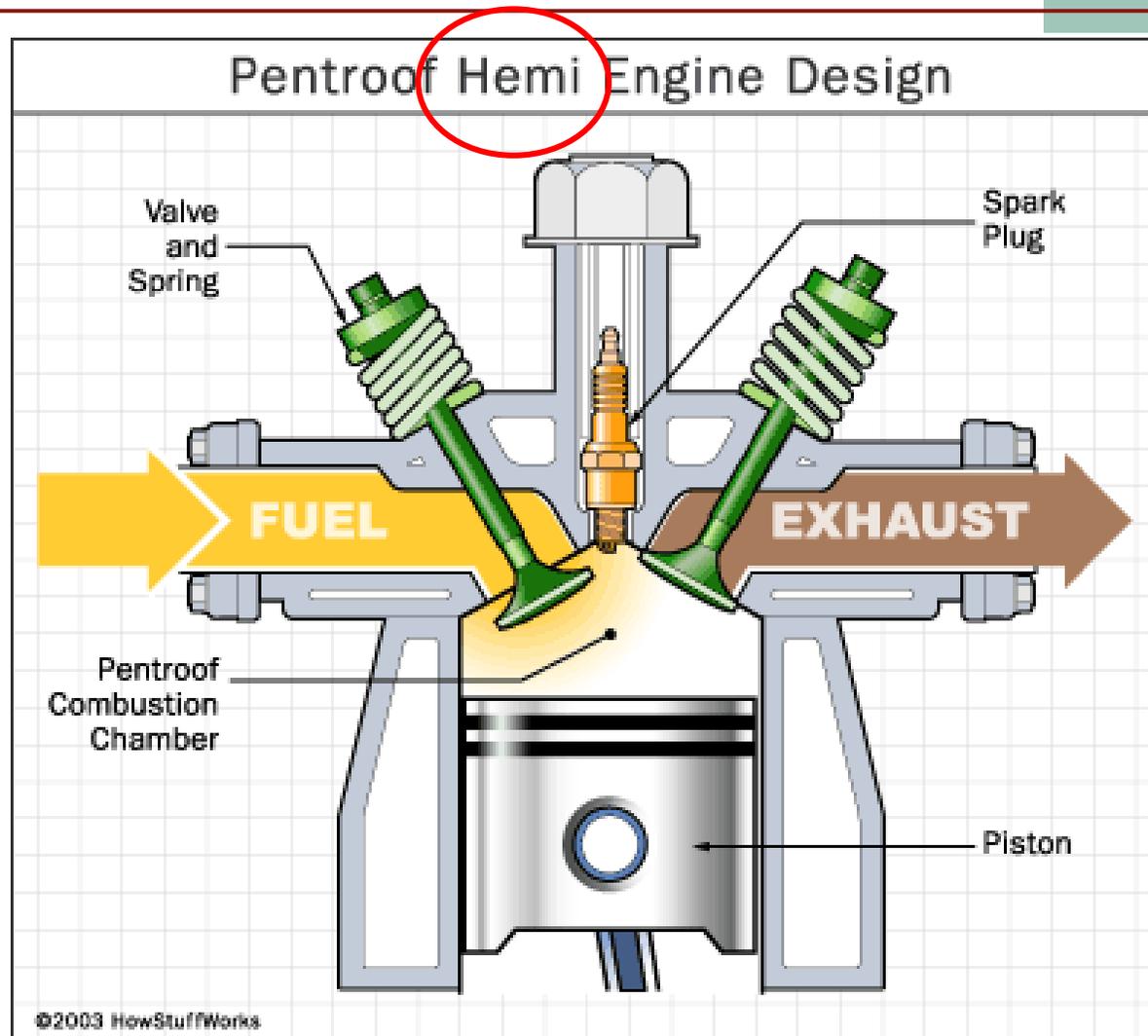
# Câmaras de combustão

- $Q$  = vazão mássica na seção da válvula
- $\rho$  = densidade do fluido que atravessa a seção da válvula
- $V$  = Velocidade deste fluido
- $A$  = Área da seção de passagem na válvula

$$Q = \rho \cdot V \cdot A$$



# Câmaras de combustão



# Sistemas de distribuição

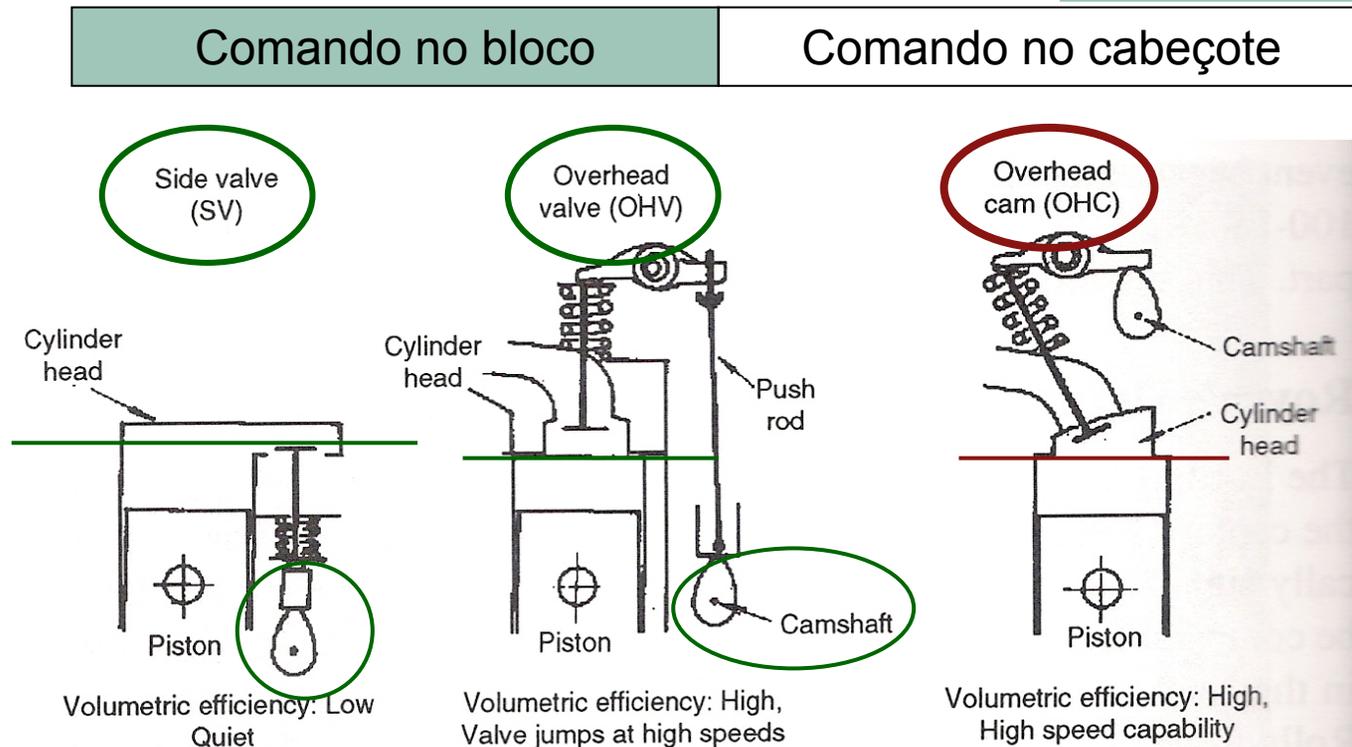
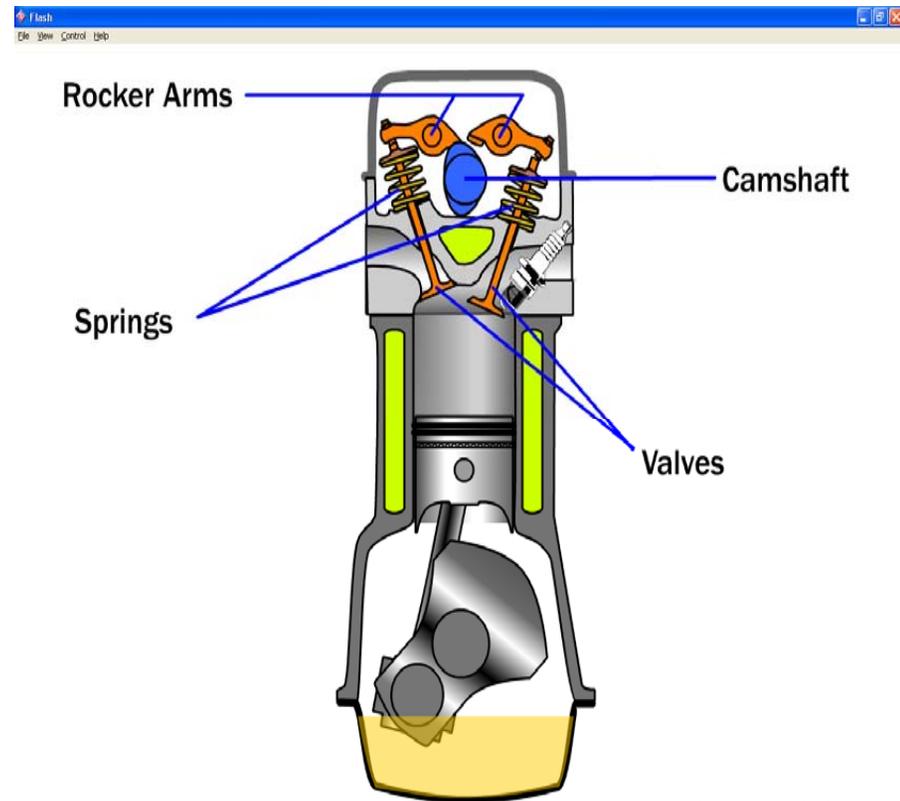


Fig. 22-1 Various valve drive methods: SV for Rolls-Royce Silver Ghost and overhead cam for the Mercedes race car.

Fonte: livro "The Romance of Engines"

# Sistemas de distribuição

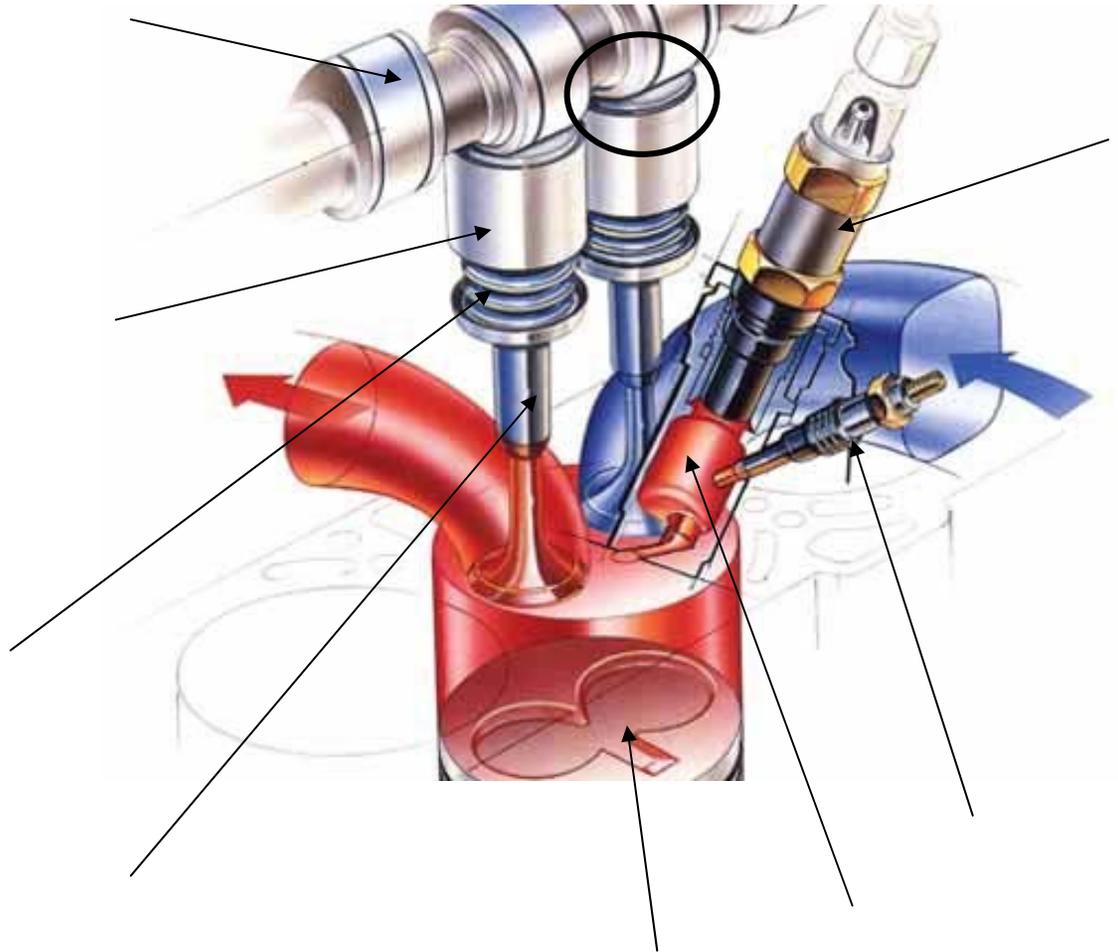
- Comando simples no cabeçote (SOHC, OHC);
- Válvulas acionadas por balancim;
- Câmara de combustão hemisférica;
- Ignição por centelha.



© 2000 How Stuff Works

# Sistemas de distribuição

- Comando simples no cabeçote (SOHC, OHC);
- Válvulas acionadas por **ataque direto**;
- Pré-Câmara de combustão;
- Ignição por compressão (Diesel).



# Sistemas de distribuição

## 2 comandos no cabeçote

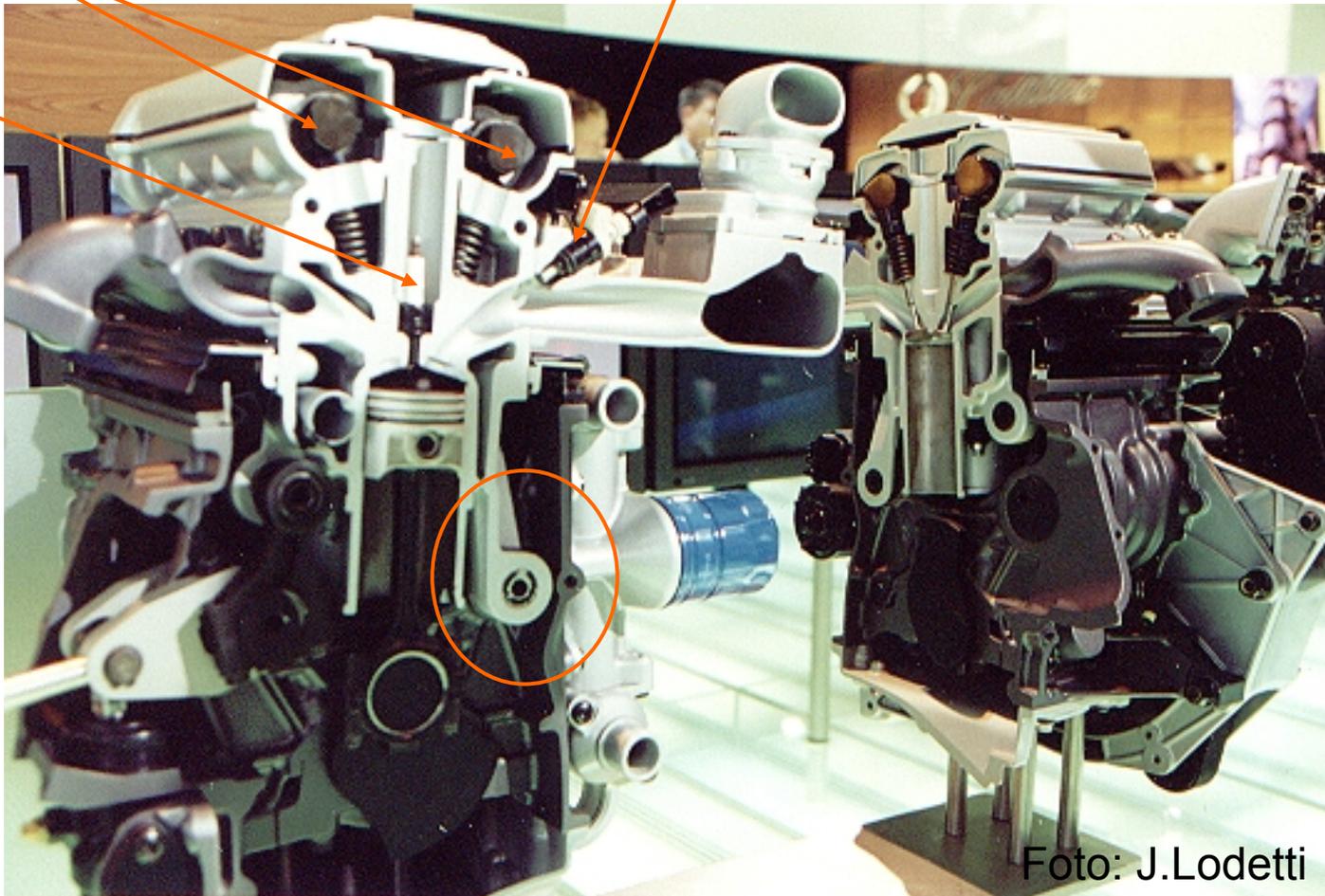
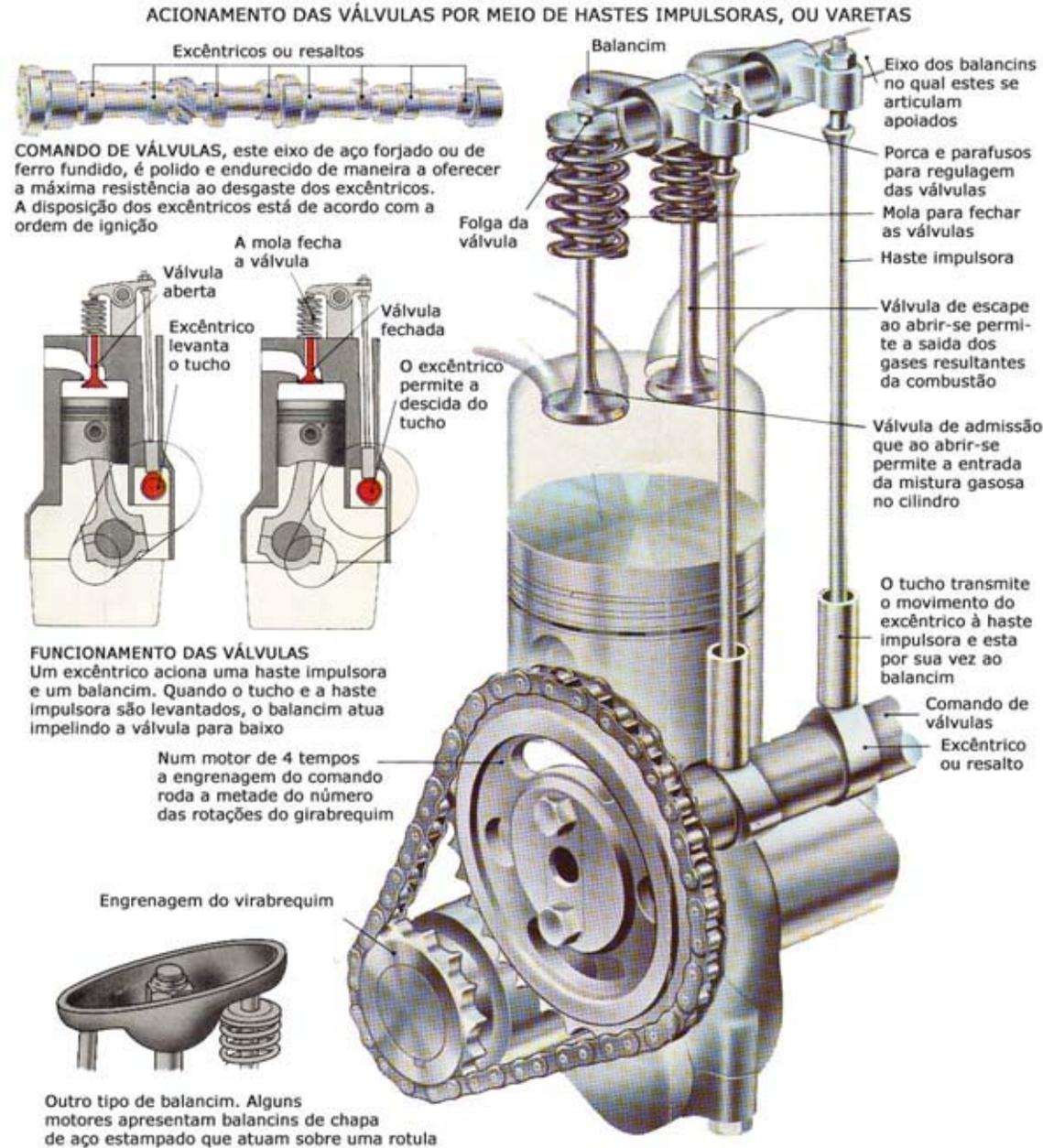


Foto: J.Lodetti

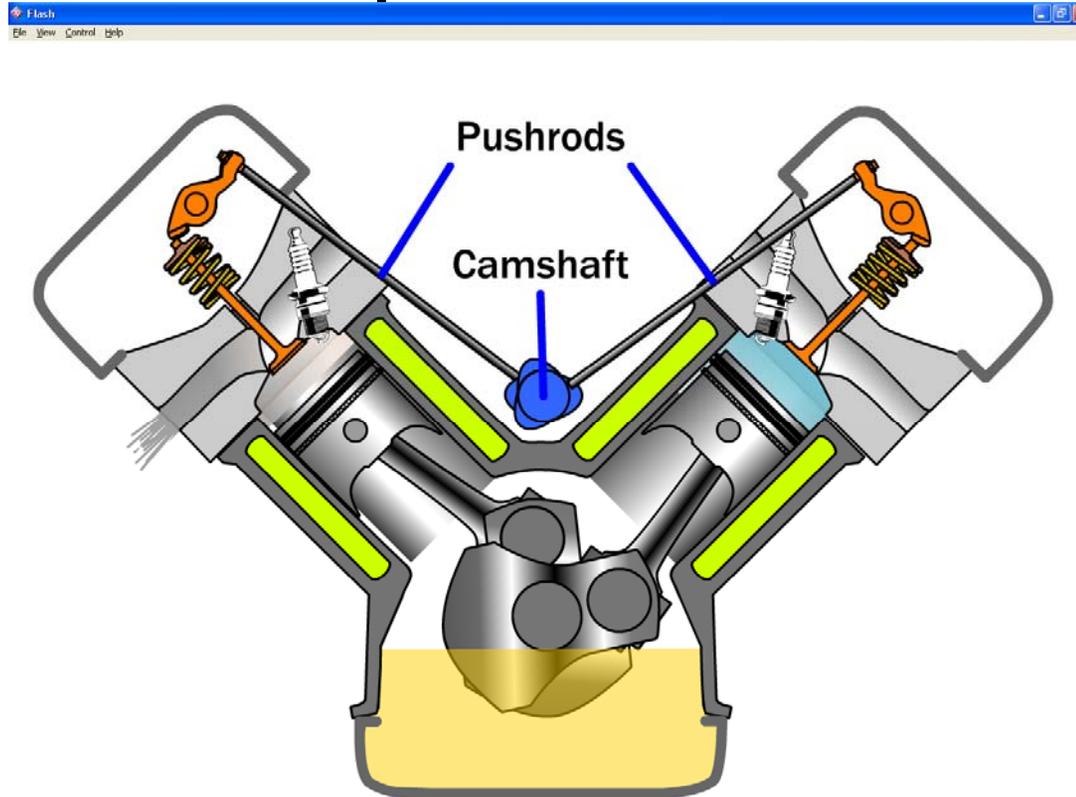
# Sistemas de distribuição

- Comando simples no bloco
  - motor em LINHA



# Sistemas de distribuição

## Comando simples no bloco – motor em V



© 2000 How Stuff Works

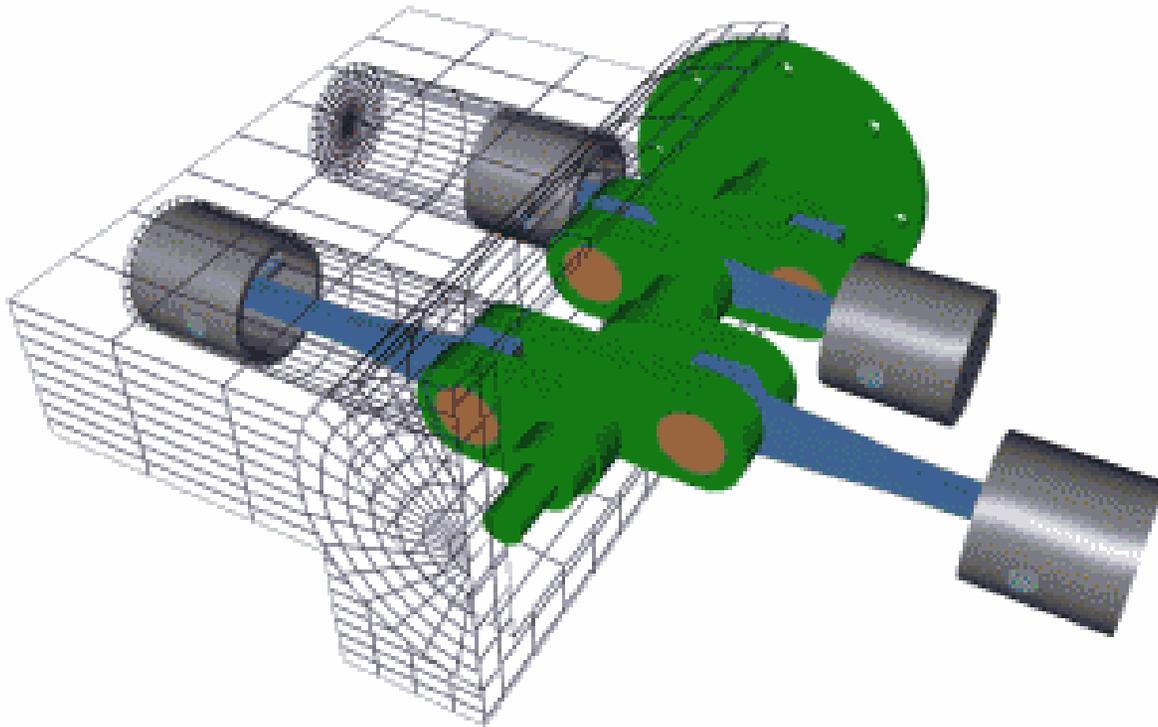
# Configuração de cilindros

---

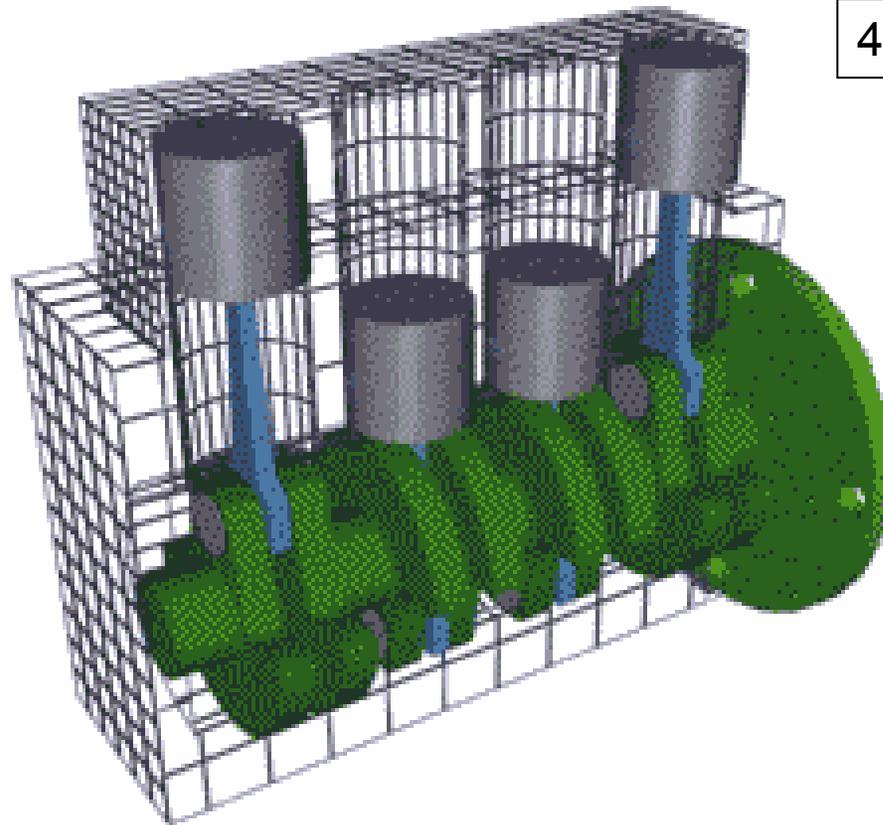
- I
- L
- V
- W
- X
- H
- Etc etc...
- V invertido
- Duplo V
- U
- Espiga de milho
- VW – VR
- Contrapostos

# Configuração de cilindros

4 plano

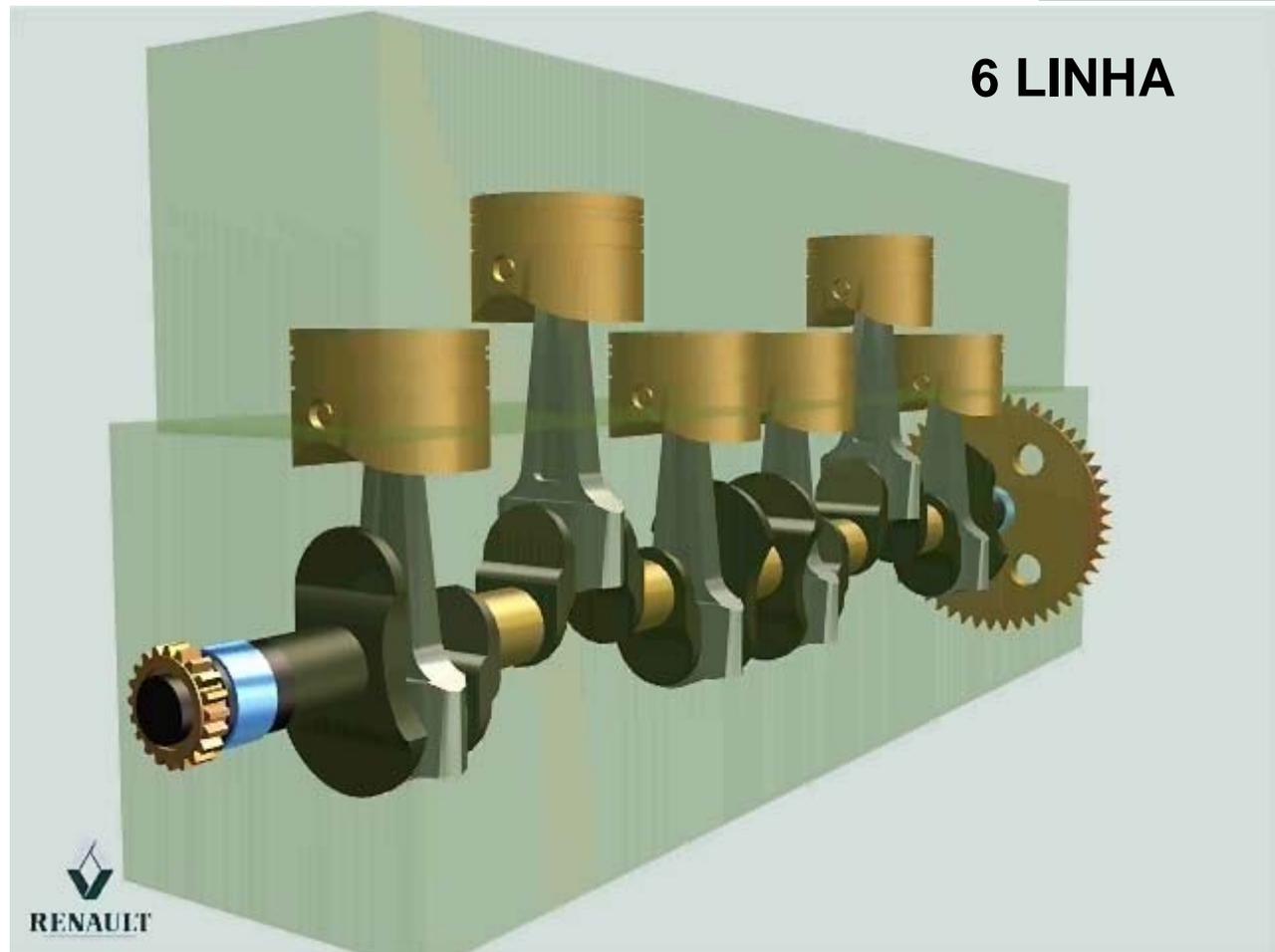


# Configuração de cilindros



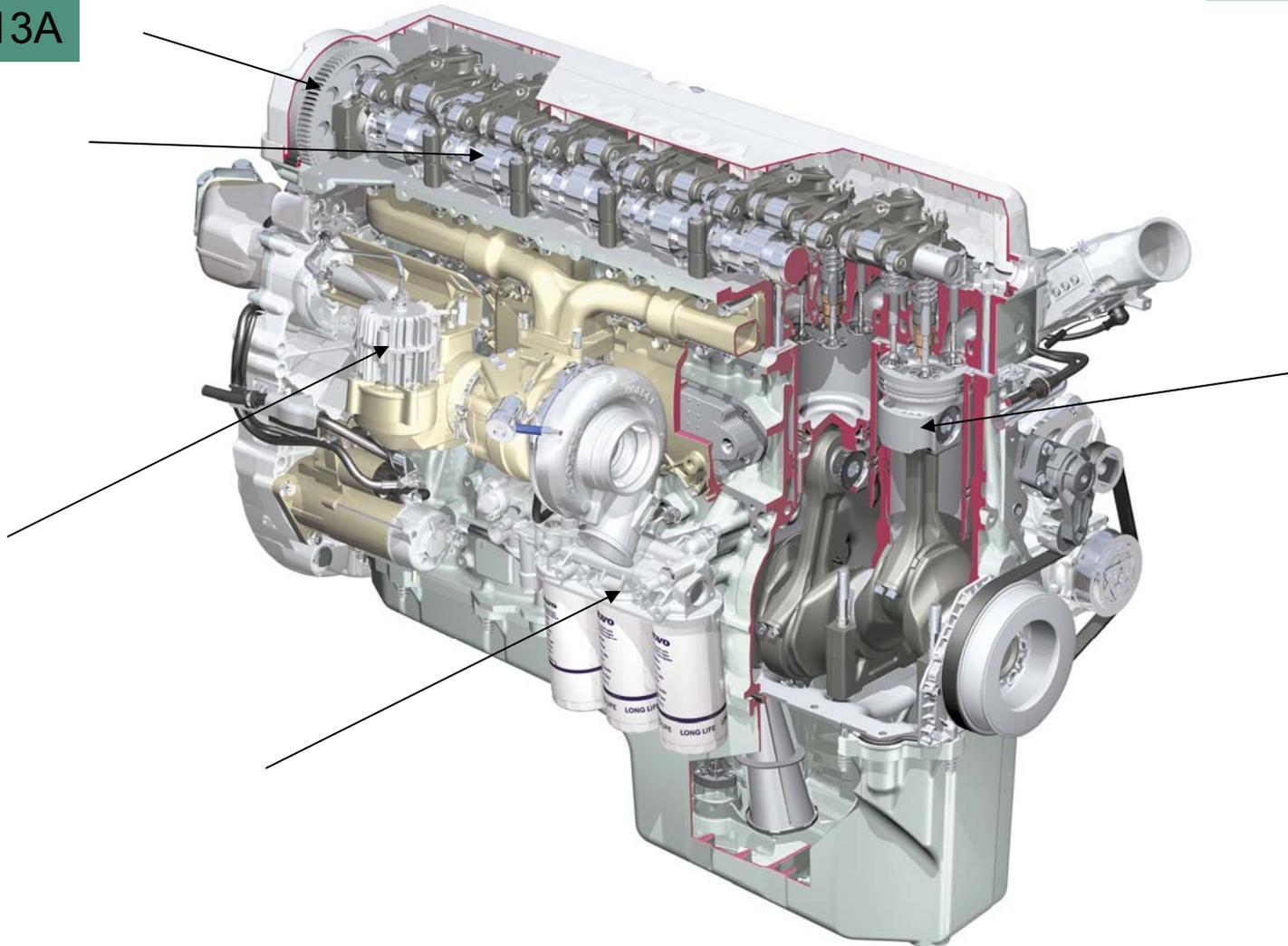
4 LINHA

# Configuração de cilindros



# Configuração de cilindros

Volvo D13A



# Configuração de cilindros

Chevrolet 250 pol3, 6 cilindros em linha

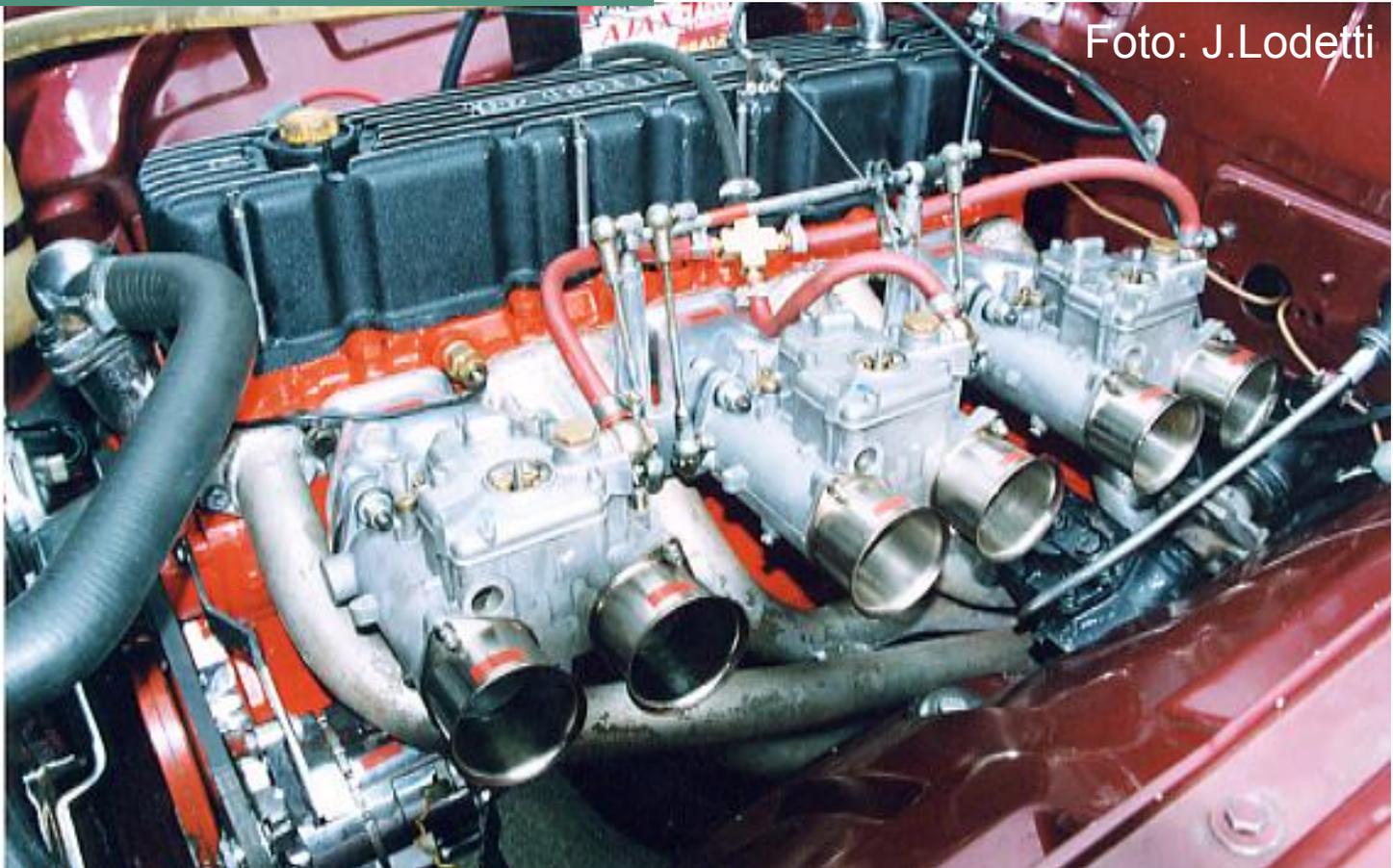
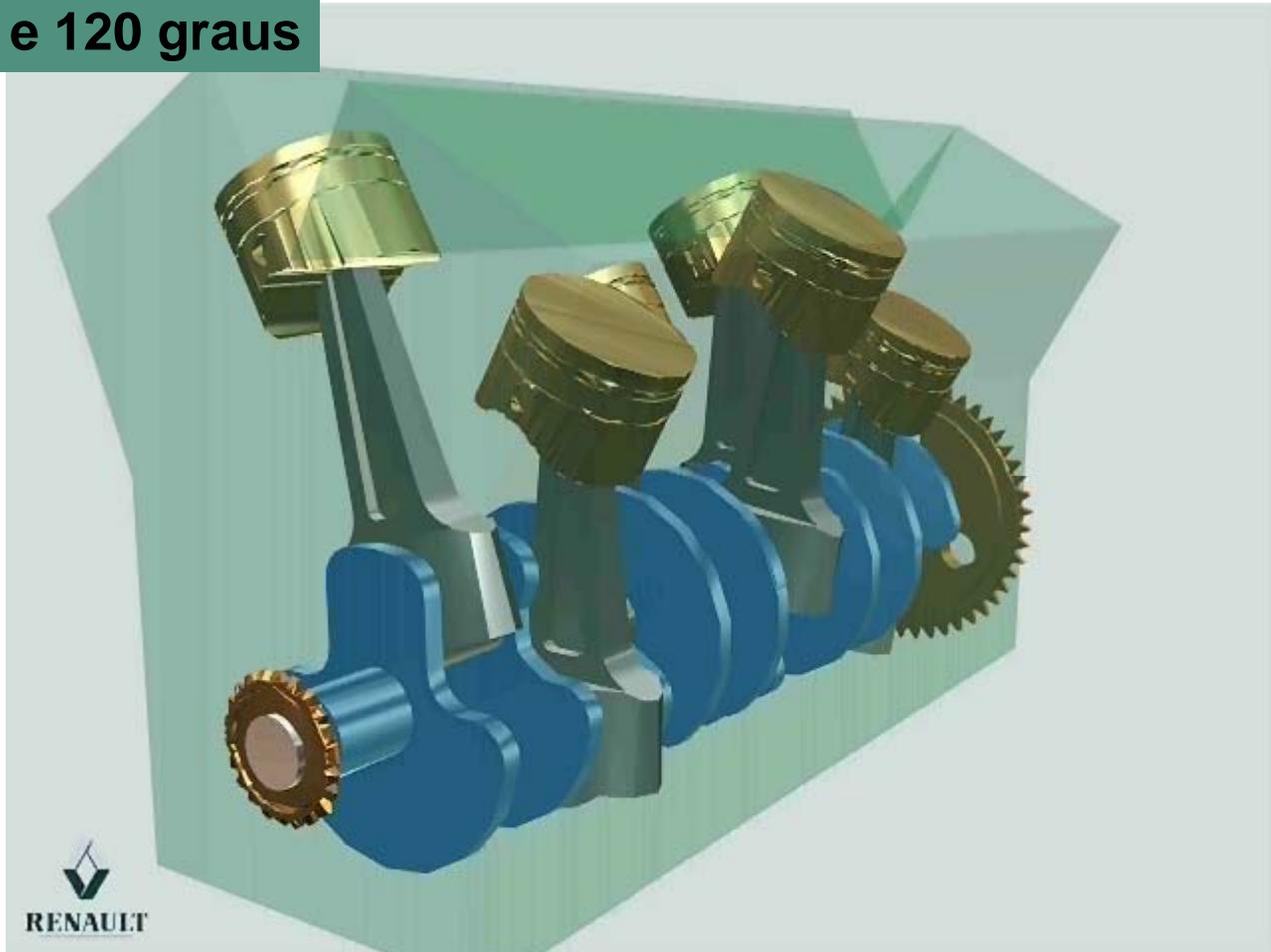


Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

V6 a 60, 90 e 120 graus



# Configuração de cilindros

V6 Peugeot/Sodemo, Le Mans Spec.

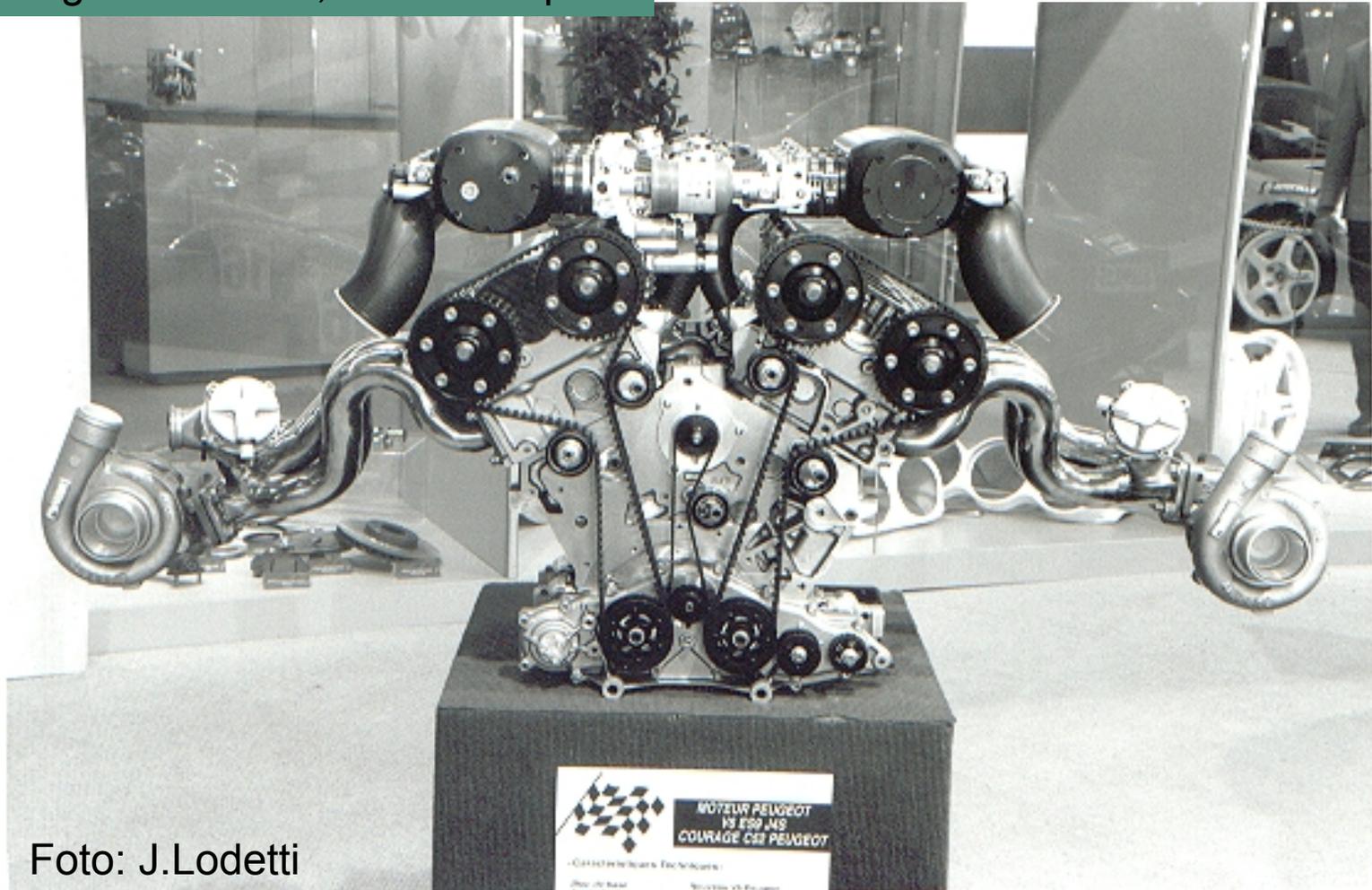


Foto: J.Lodetti

# Que motor seria este?



HONDA RC-166 – 1966 Giacomo Agostini  
6 cilindros  
350 cm<sup>3</sup>

# Configuração de cilindros

V8 Chrysler, 318 pol<sup>3</sup>.



**GARBOSO®**

# Configuração de cilindros

Chevy 350 – V8.

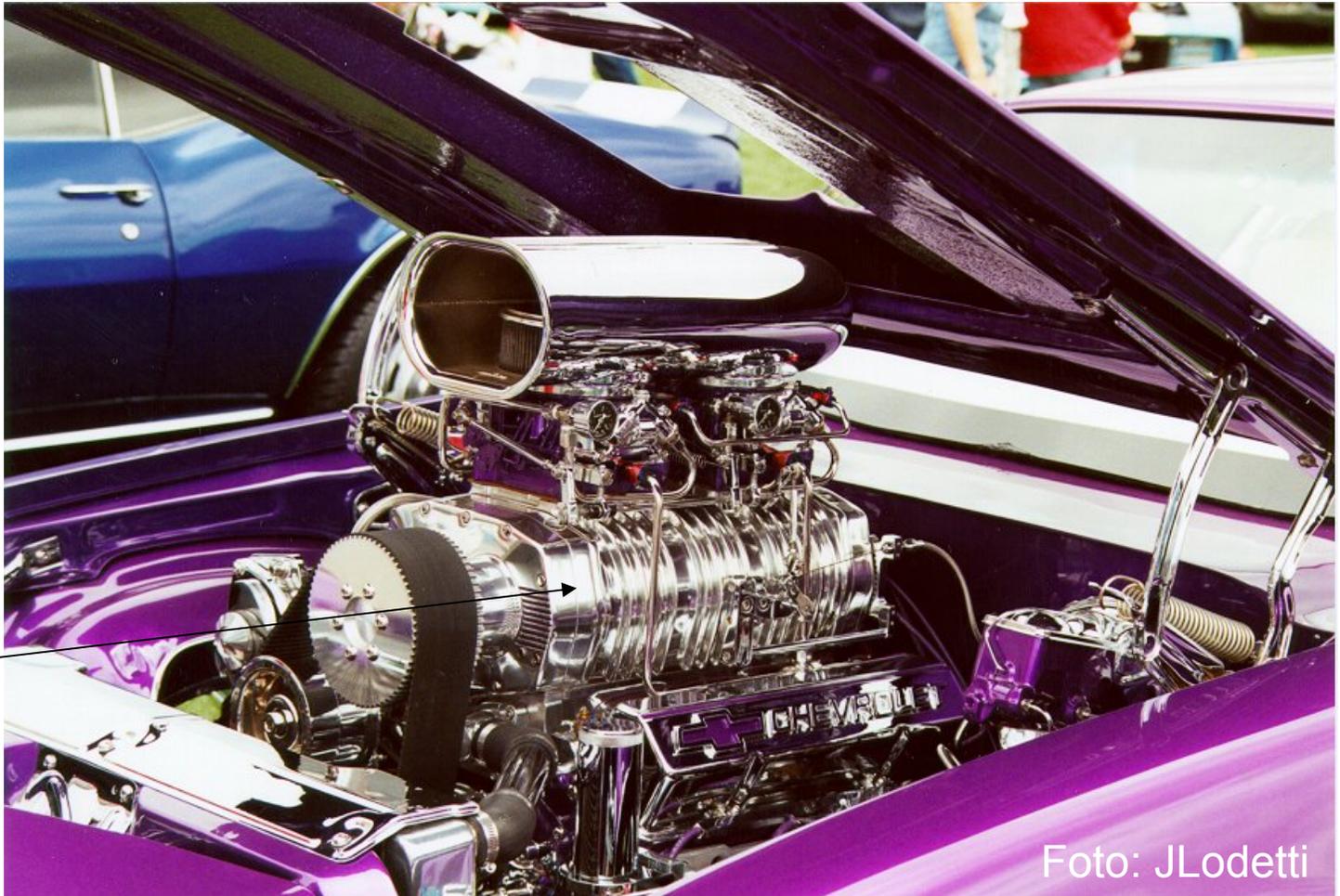
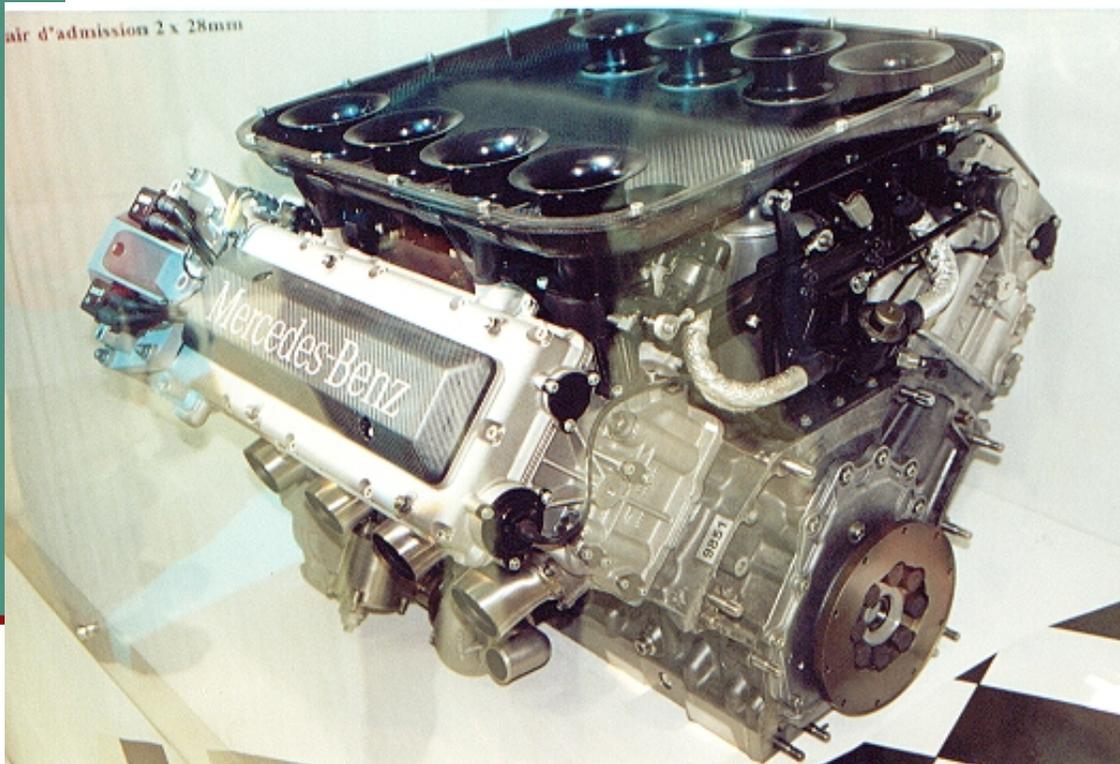


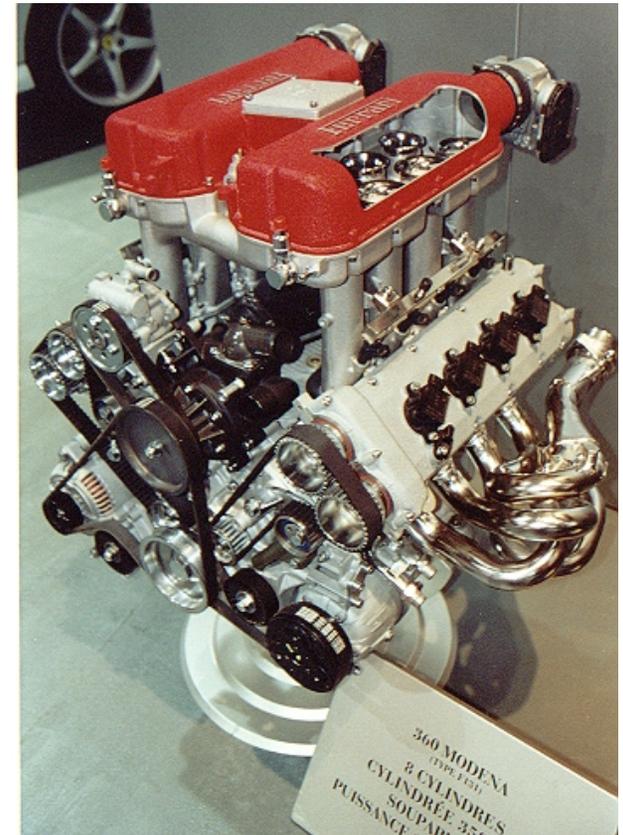
Foto: J Lodetti

# Configuração de cilindros

V8 a 90 graus – Mercedes - DTM



V8 Ferrari 360 MODENA



# Configuração de cilindros

Renault F-1, spec RS21 – V10

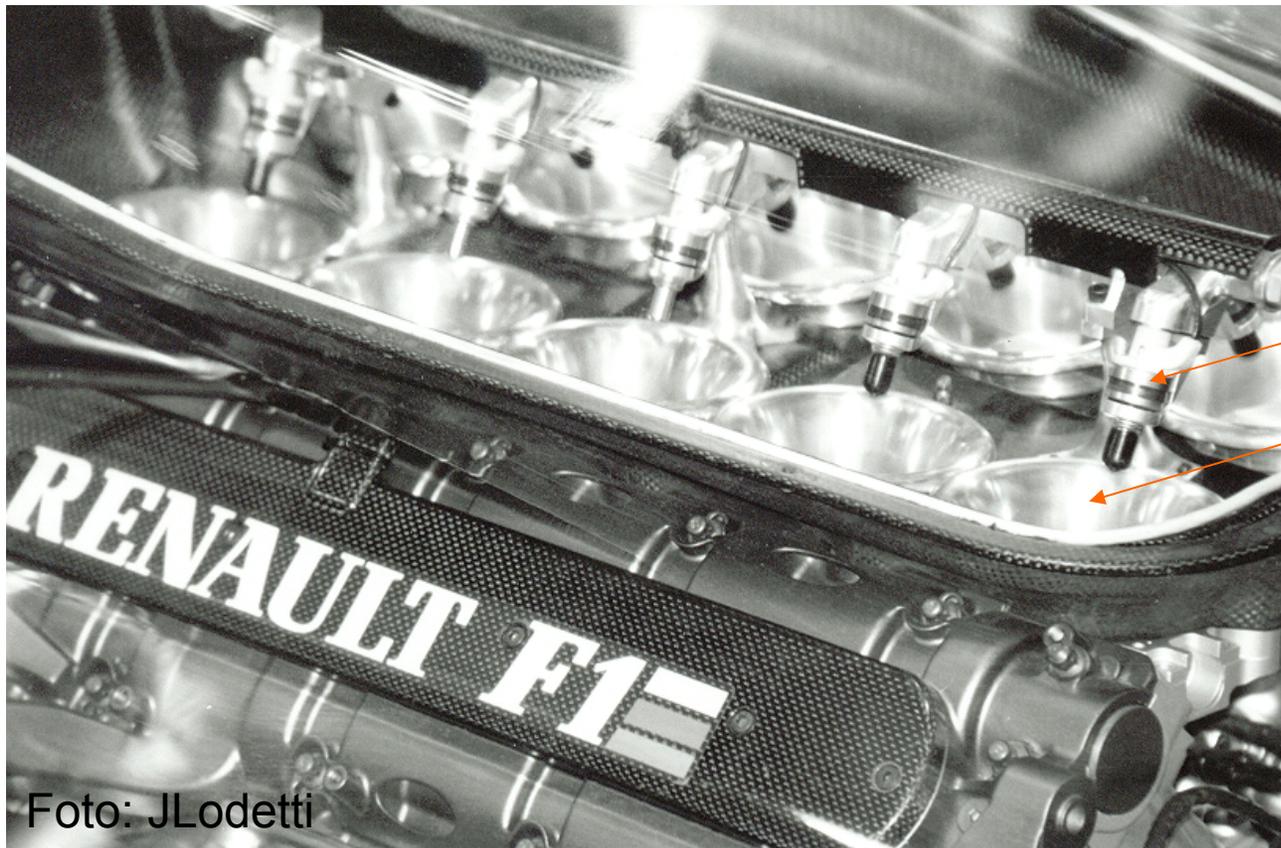


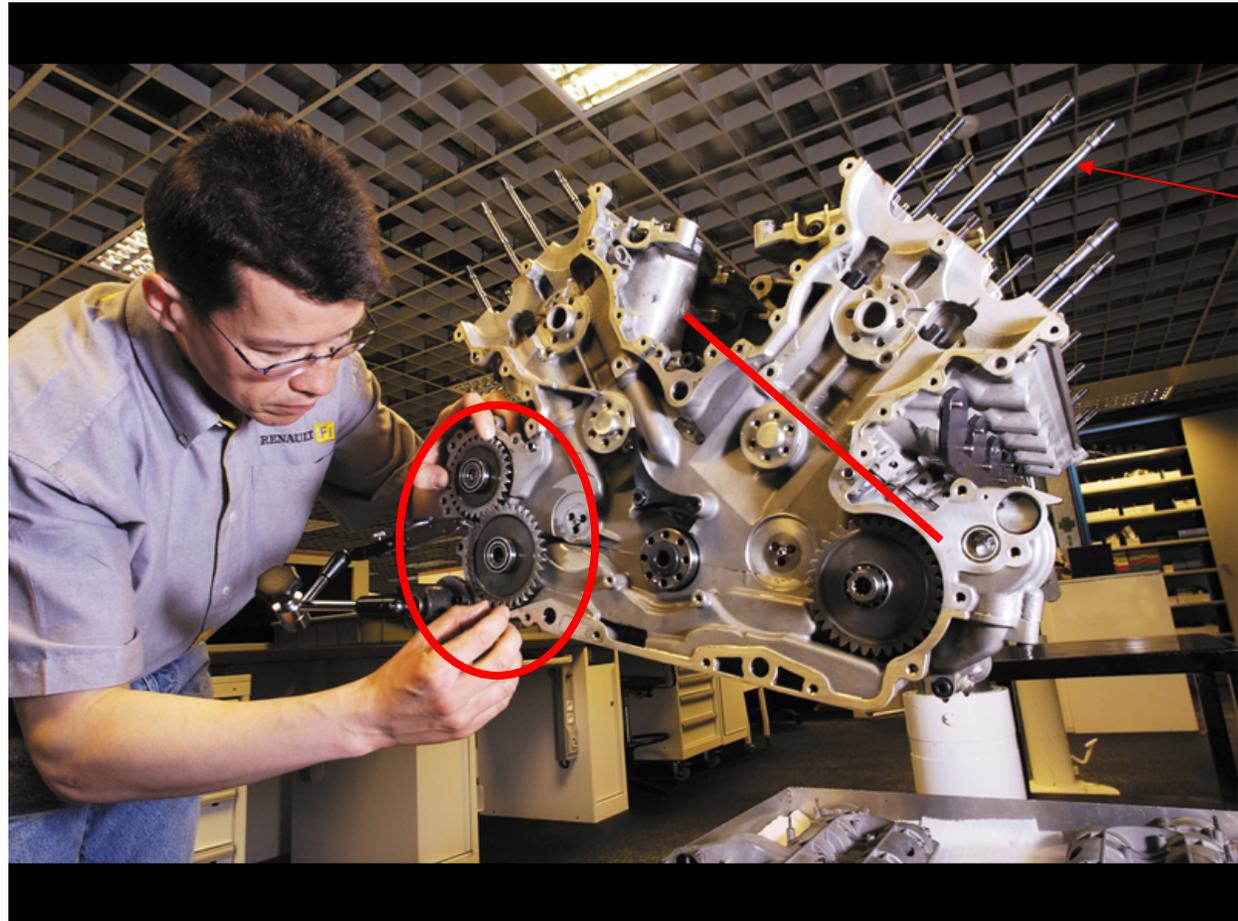
Foto: JLodetti

# Configuração de cilindros

*www.F1-live.com - Photo DR*

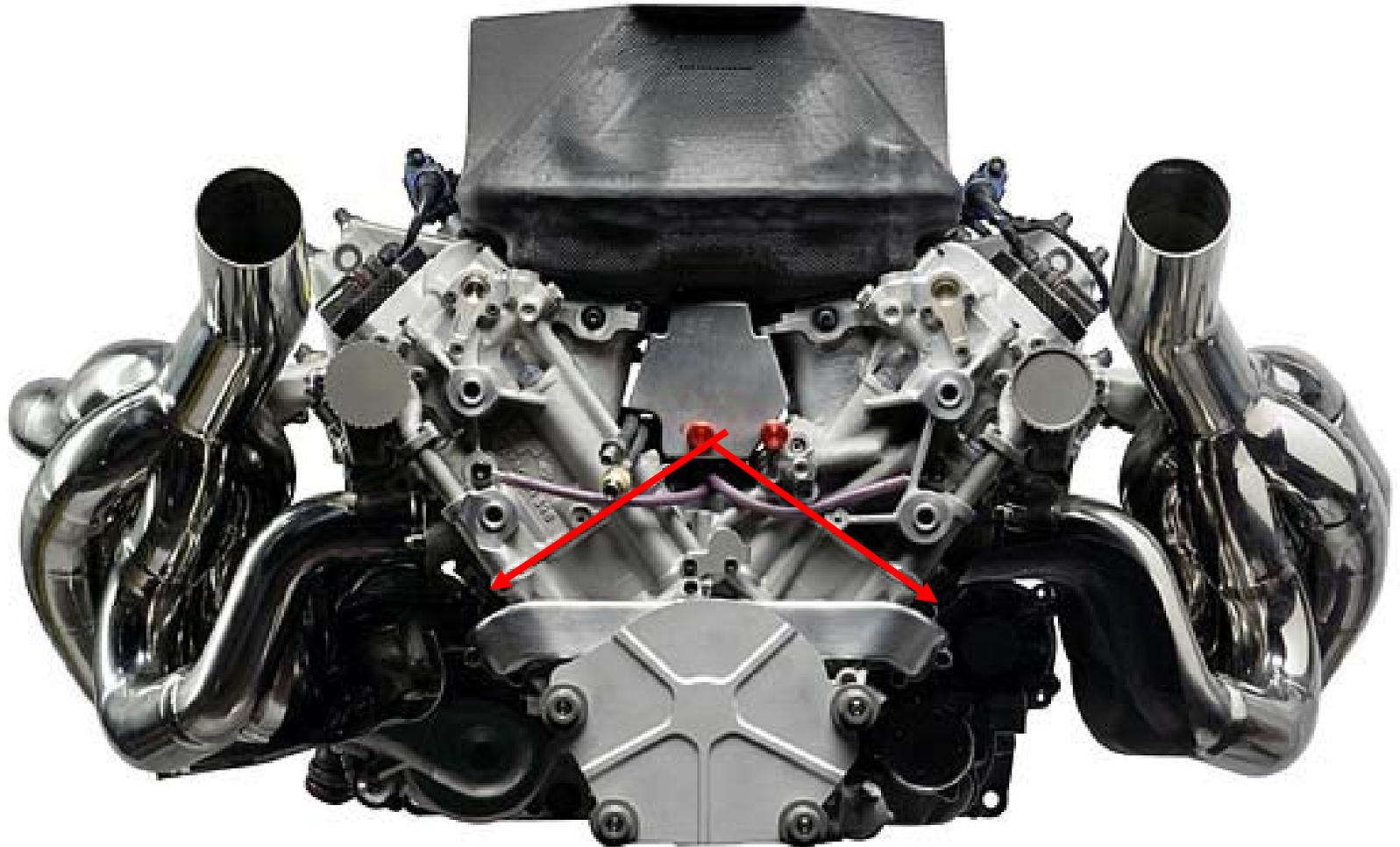


# Configuração de cilindros



# Configuração de cilindros

*www.F1-Live.com - Photo DR*



# Configuração de cilindros

V12 ALFA-ROMEO 1932 DOHC

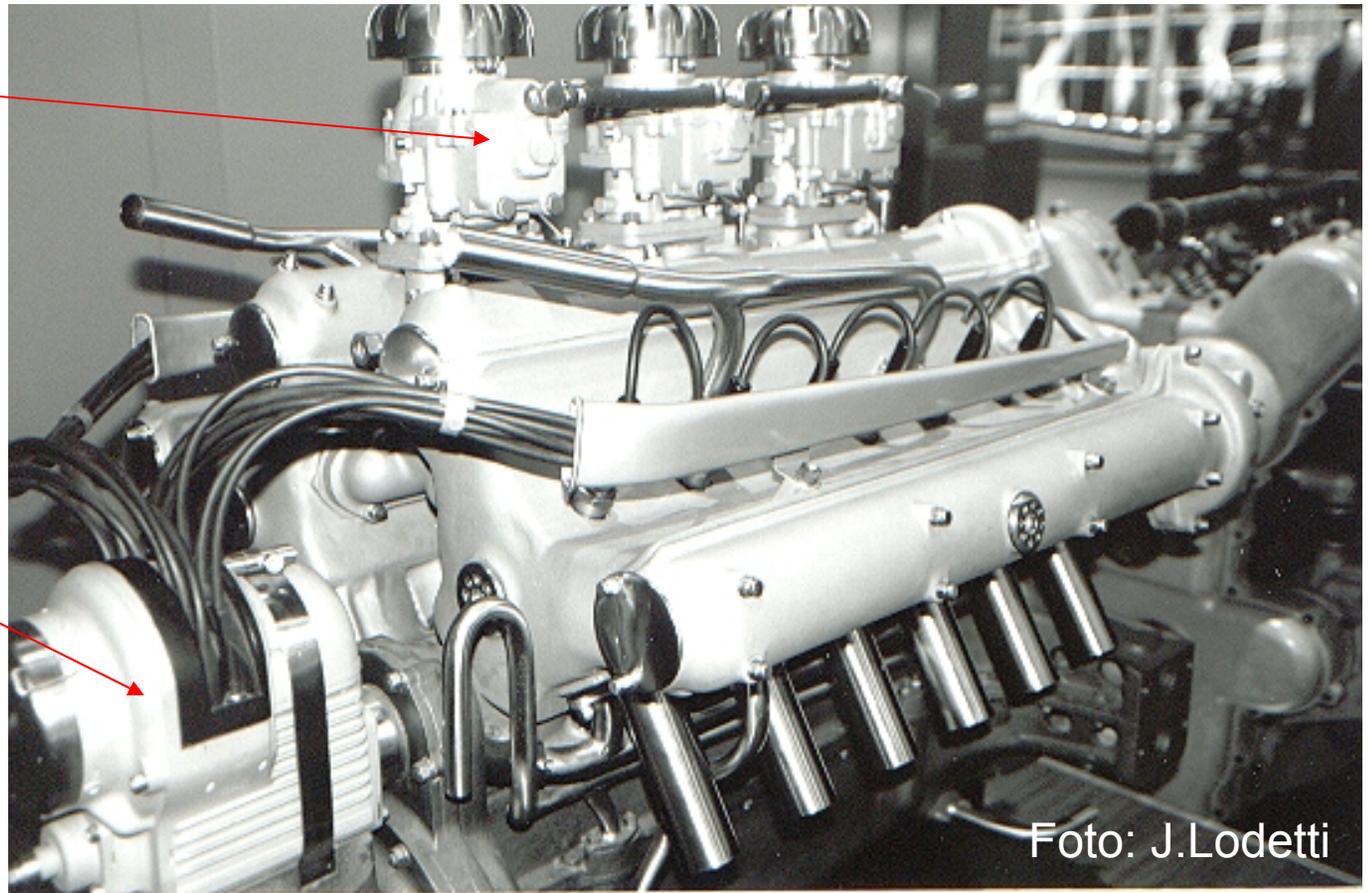
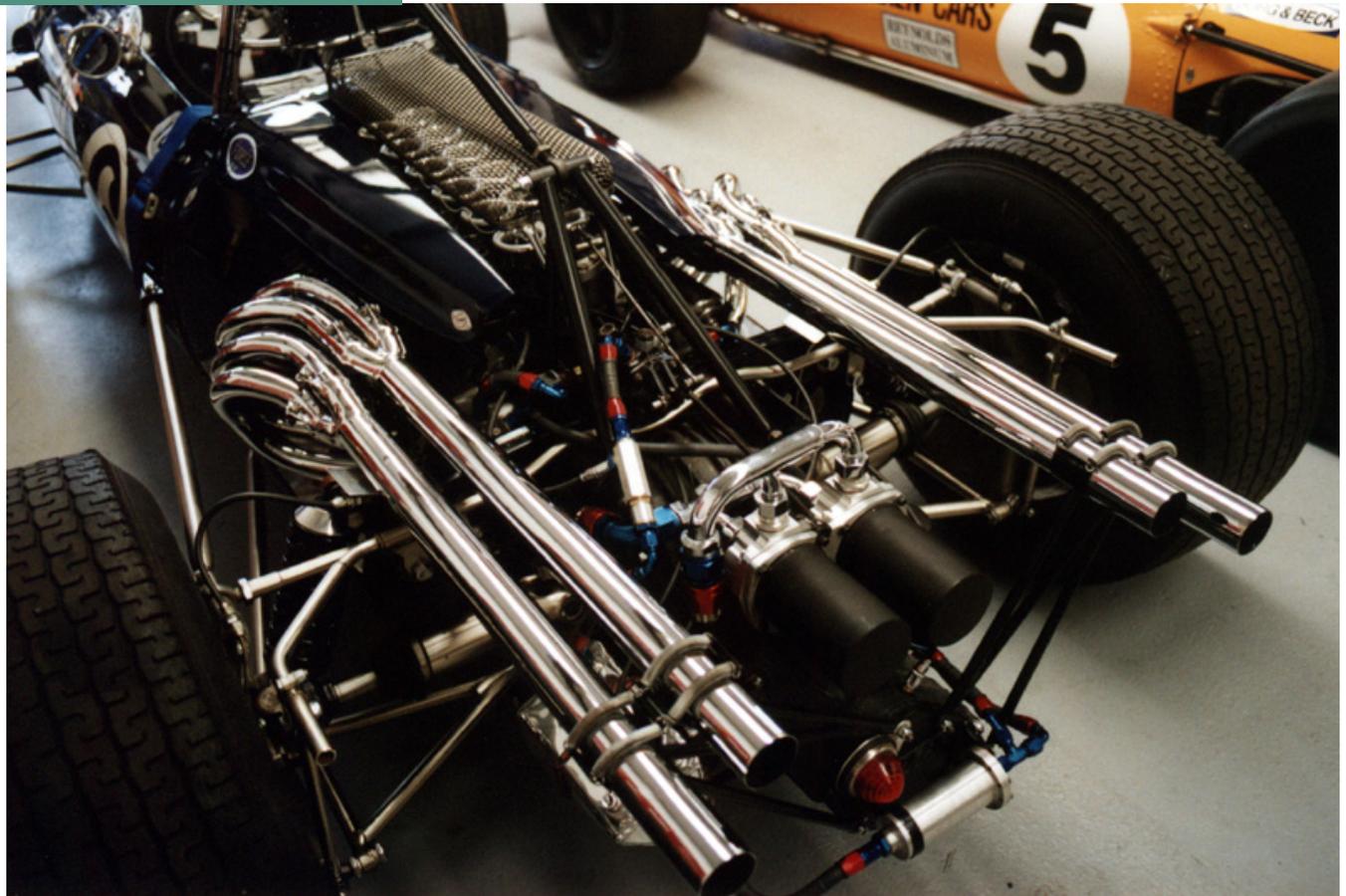


Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

V12 F-1 Gurney-Weslake - 1966



# Configuração de cilindros

V12 – Ferrari Testarossa - 1963

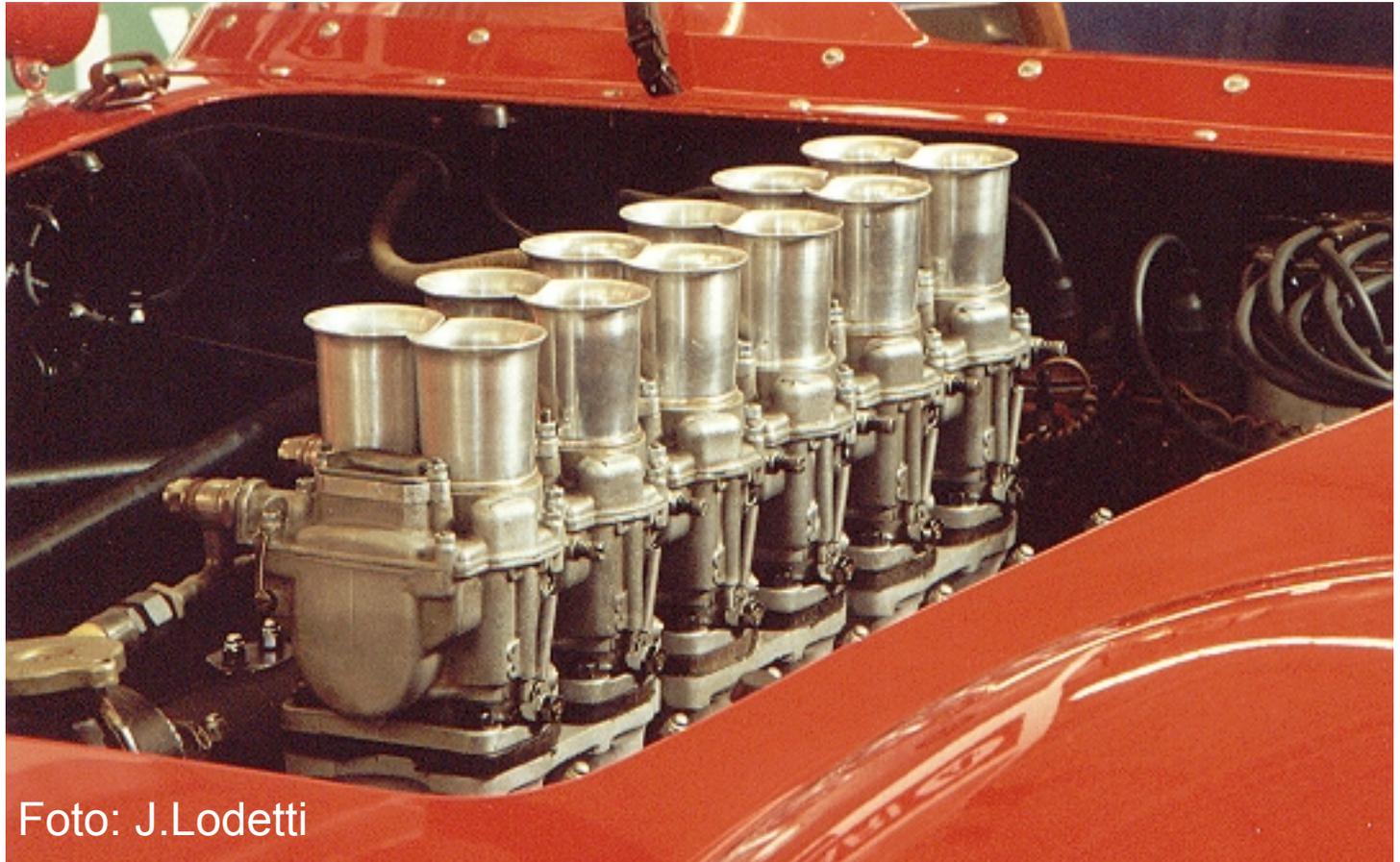
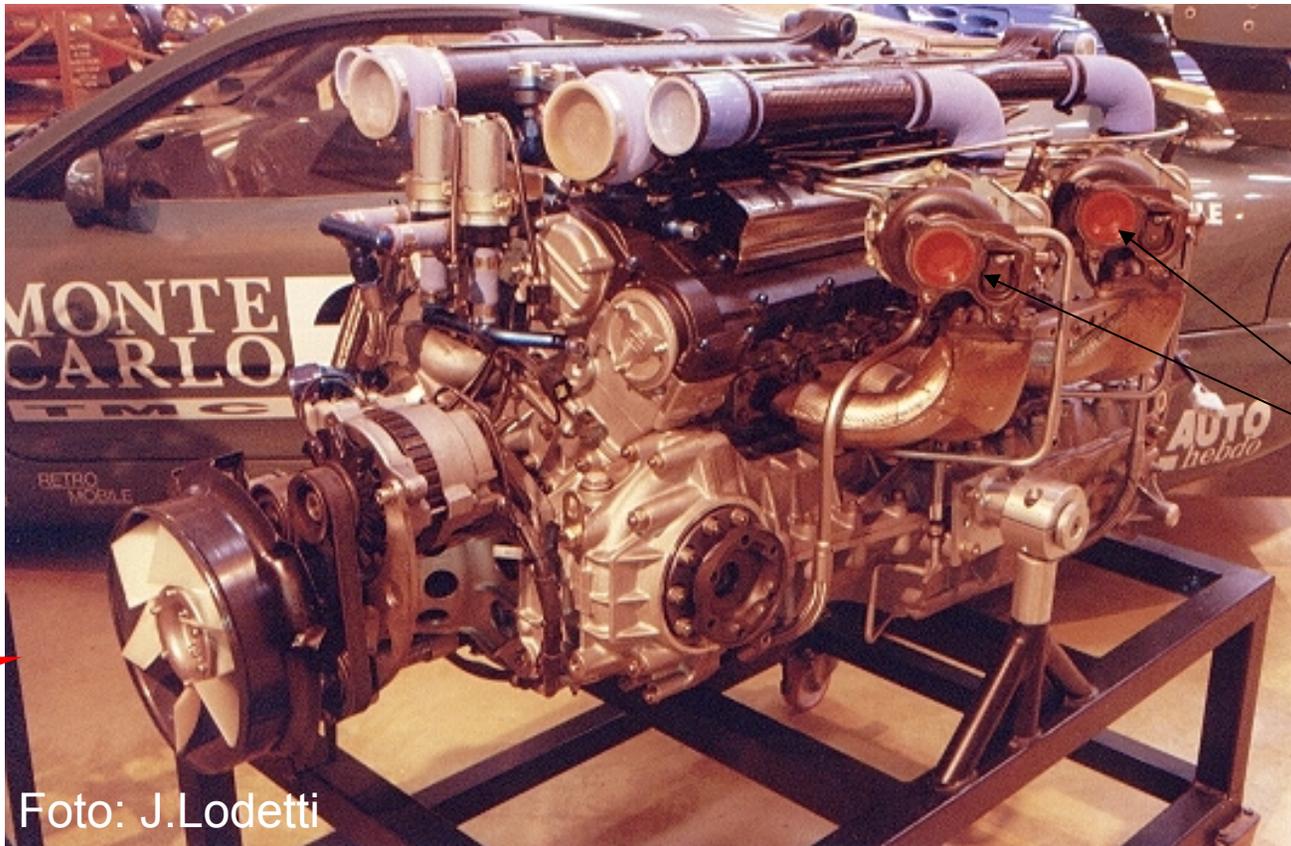


Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

V12 – 4 turbo – 60 válvulas – BUGATTI EB 110 – Le Mans



Escute!!

Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

## V12 – Rolls Royce Merlin - WWII



Lotnictwo.net

© Paweł Bondaryk

# Configuração de cilindros

## V12 – Rolls Royce Merlin - WWII



Foto: J.Lodetti



# Configuração de cilindros

W12 NAPIER – BENTLEY - 1933

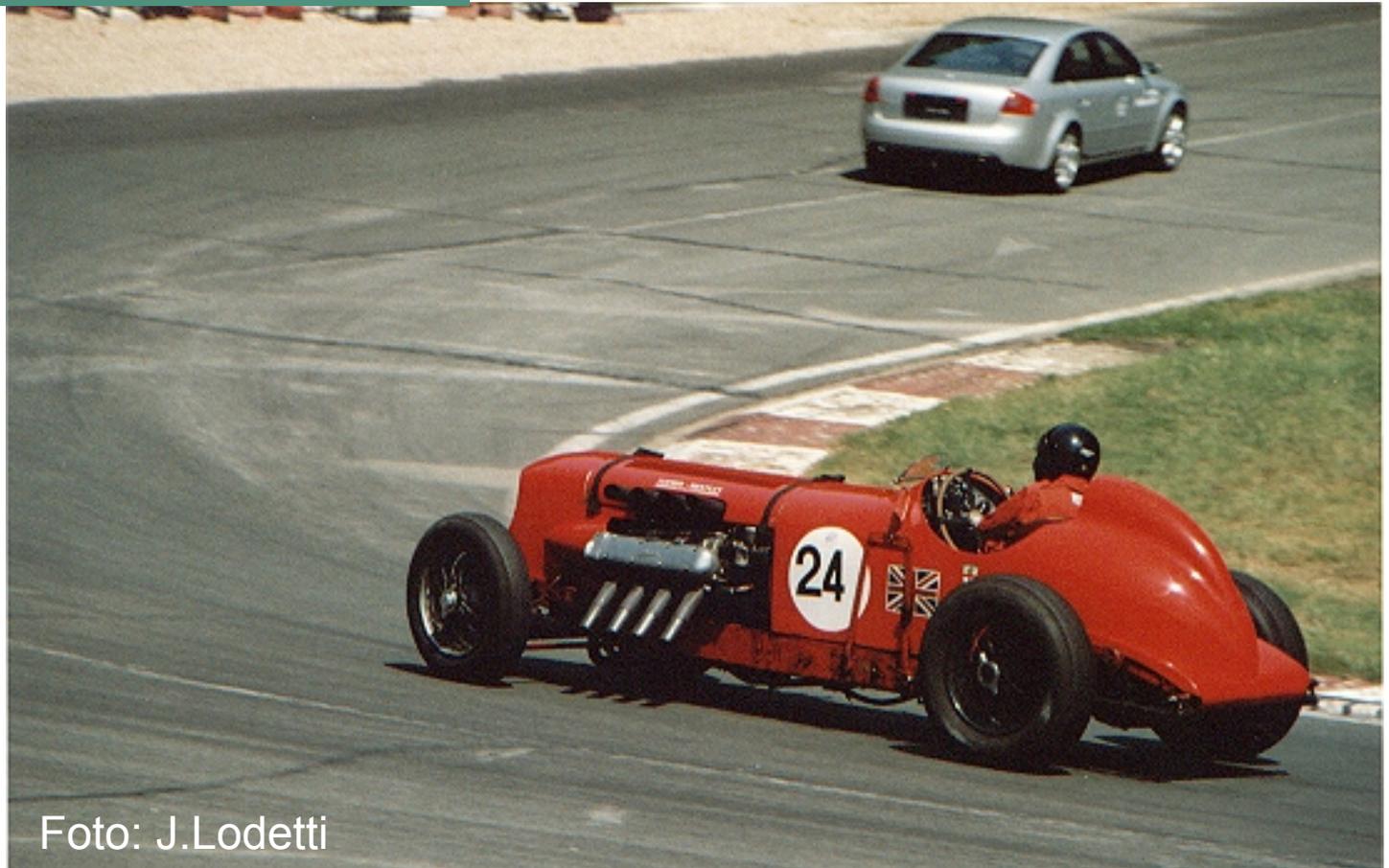


Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

W12 NAPIER – BENTLEY - 1933

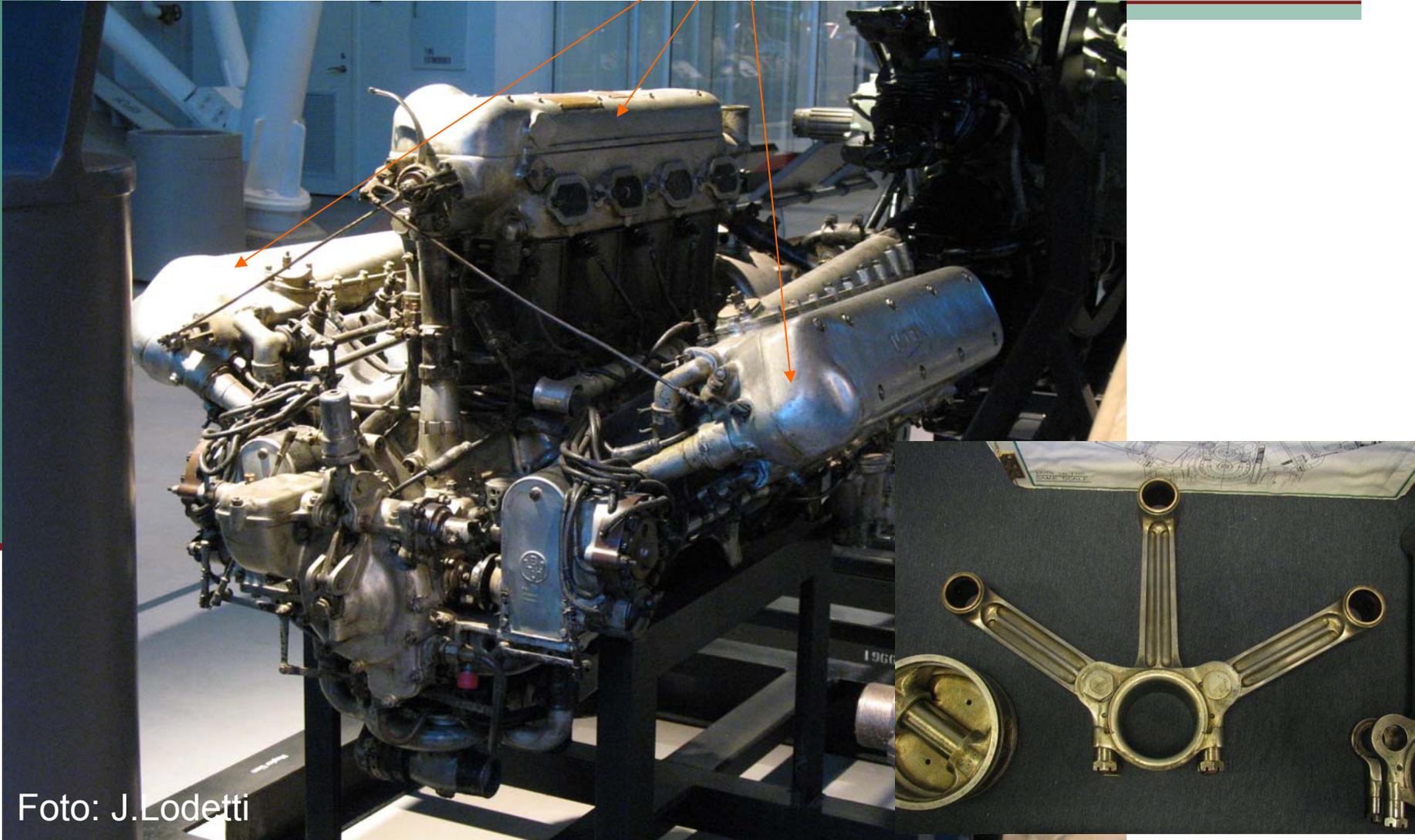
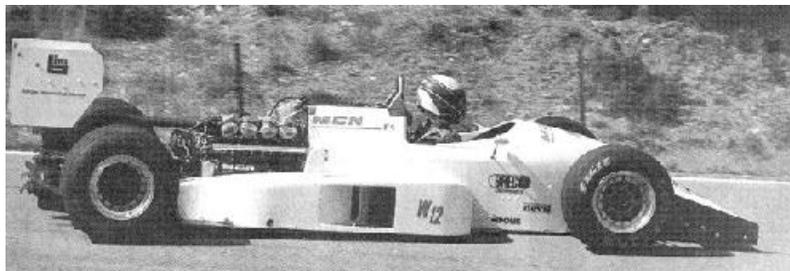


Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

W12 –AGS JH22 de1989  
Guy Negrée W12



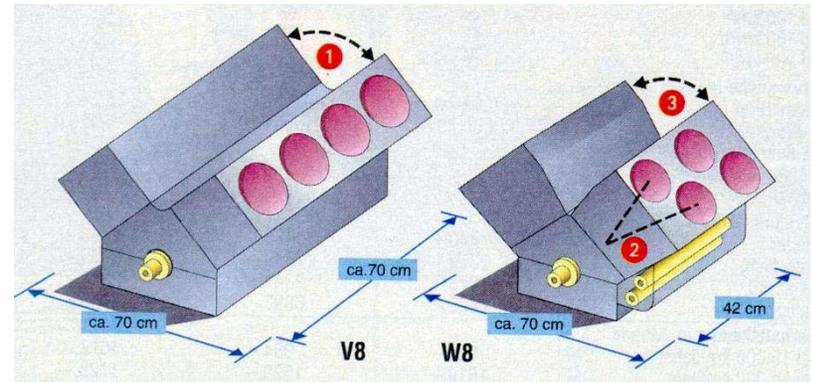
# Configuração de cilindros

*Ce dessin illustre fort bien l'architecture en « double V » du moteur W12 réalisé par Audi en collaboration avec Volkswagen. Un regard sur les blocs-cylindres fait apparaître que l'on a affaire à un moteur né de la combinaison de deux V6 ultracompacts. Parmi les multiples particularités que procure cette solution, il faut relever les faibles dimensions tant en hauteur qu'en longueur et qu'en largeur par rapport à un V12 classique.*



*Chacun des deux bancs comprend six cylindres disposés en deux rangées formant un V étroit à 15°.*

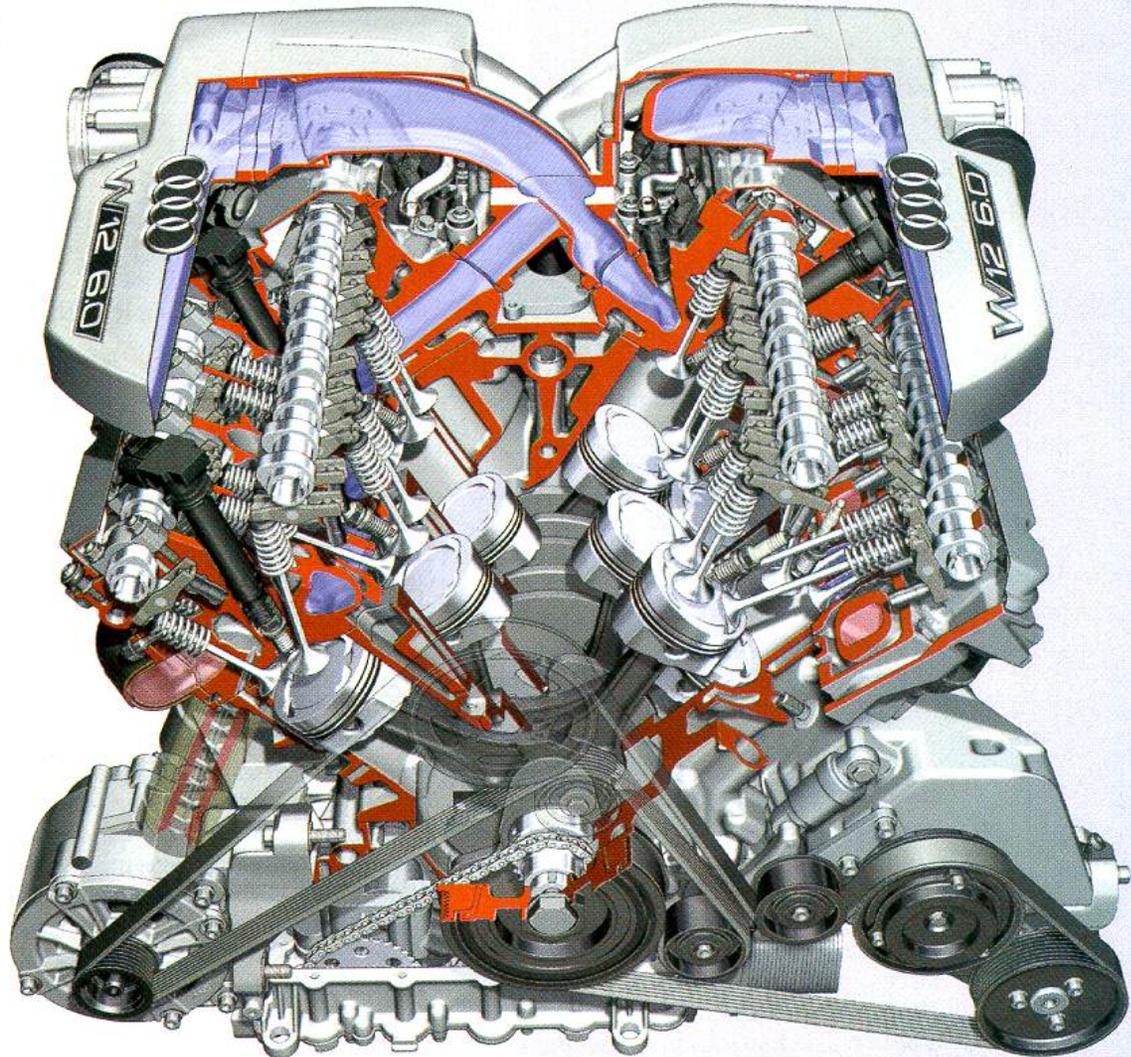
*Décalés, les manetons du vilebrequin à sept paliers permettent d'obtenir l'ordre d'allumage et la régularité cyclique d'un V6.*



V x W

# Configuração de cilindros

AUDI e VW W12



# Configuração de cilindros

V16 – ALFA ROMEO - 1932

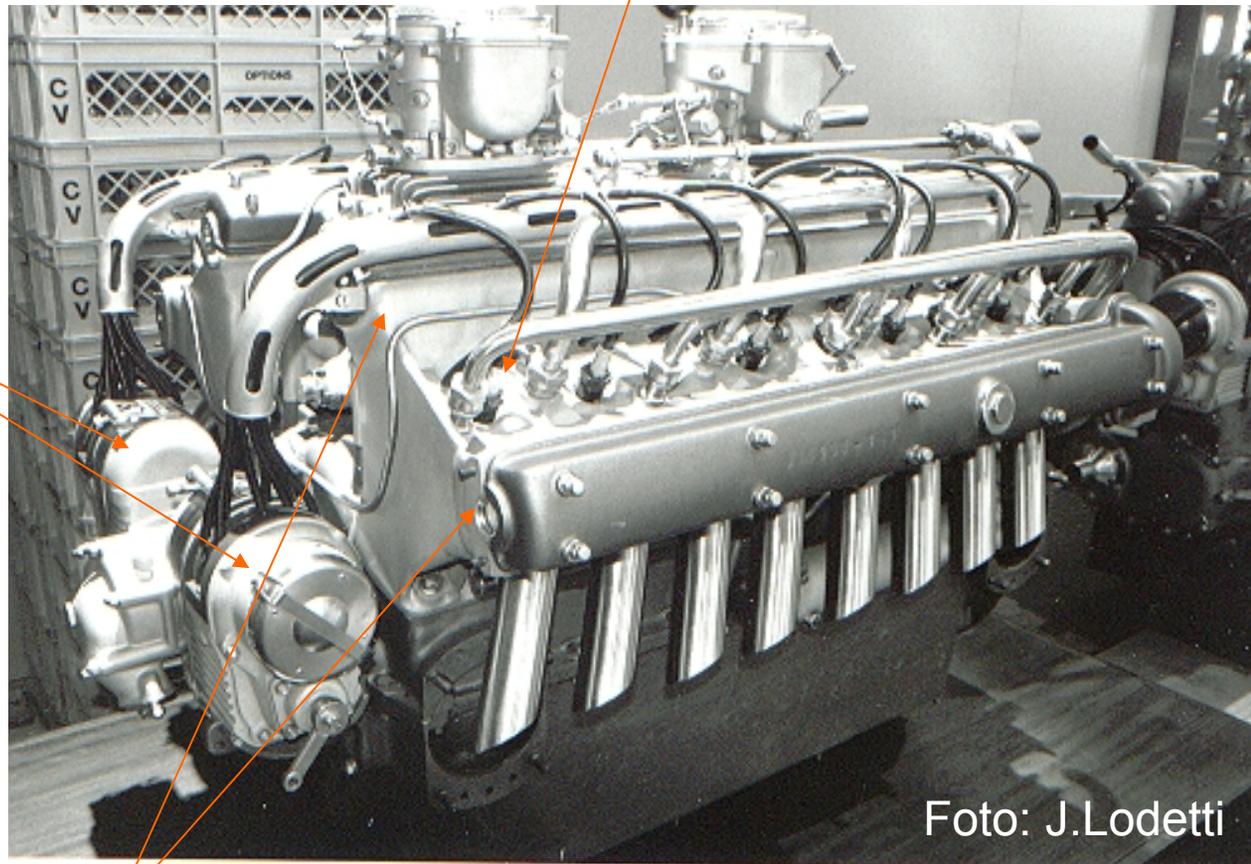


Foto: J.Lodetti

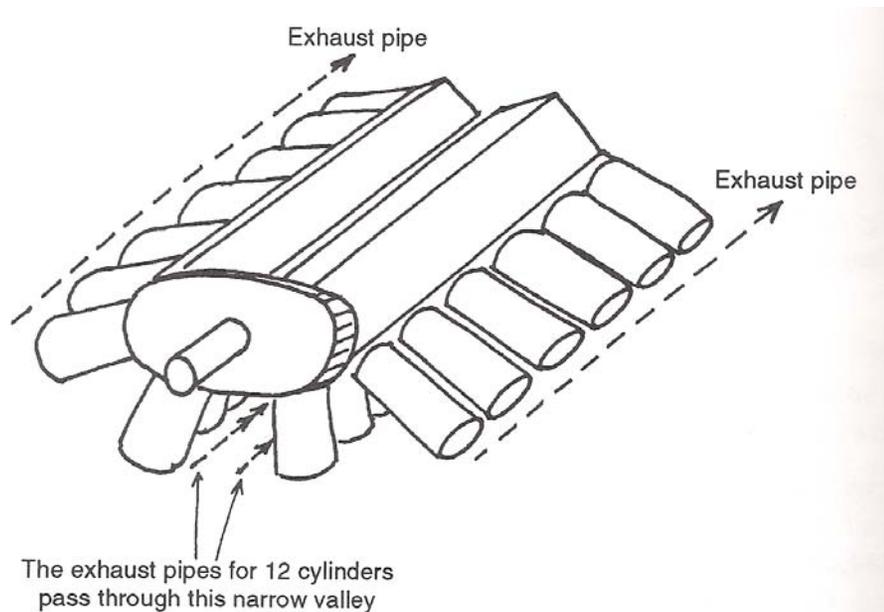
# Configuração de cilindros

- Duplo V invertido – Benz DB610 aeronáutico WWII

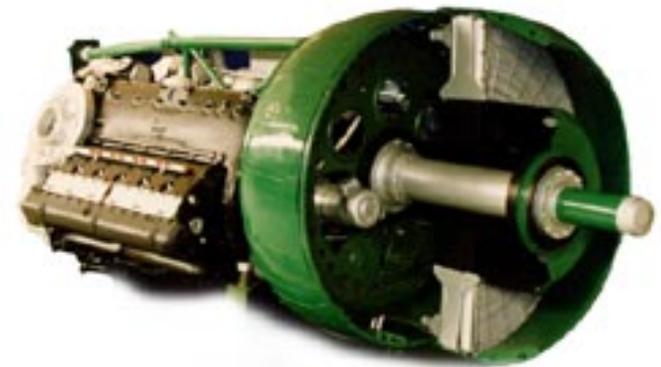


# Configuração de cilindros

## Duplo V invertido – 24 cilindros - aeronáutico WWII



*Fig. 18-3 Idea sketch of coupled engine consisting of two sets of inverted V12 cylinders (24 cylinders in total).*

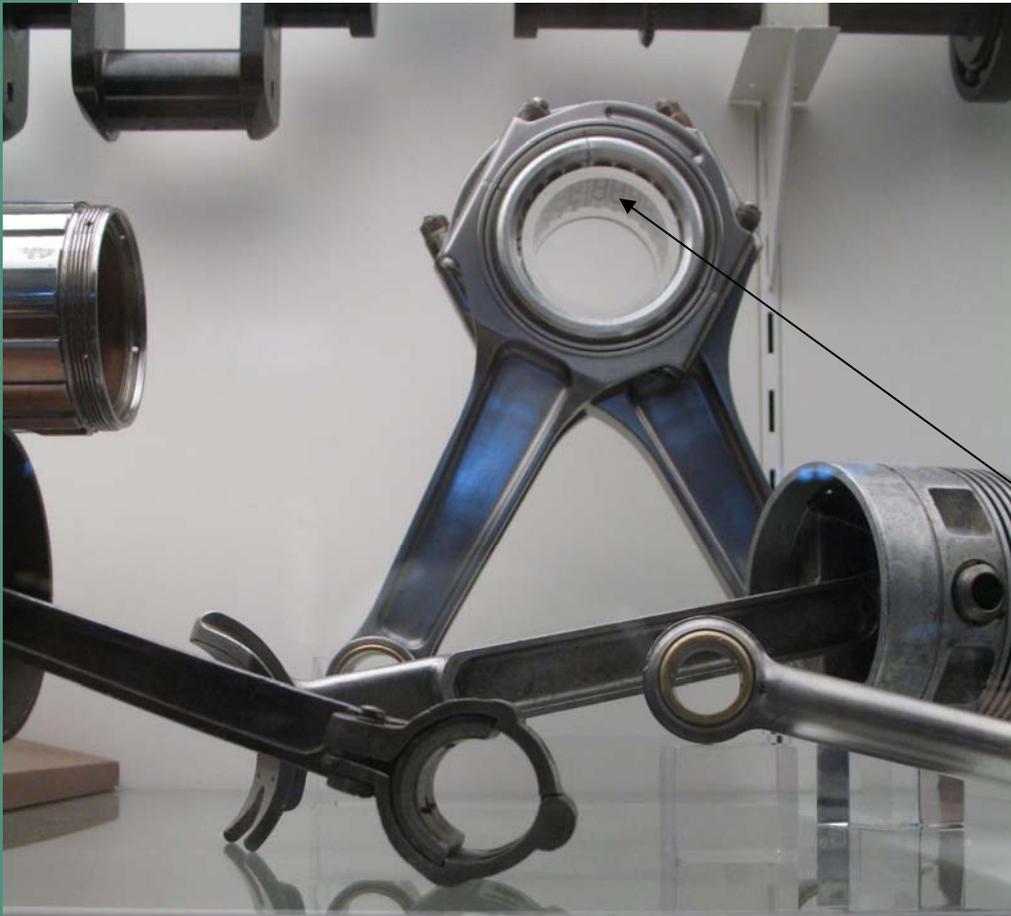


- 71.4 litros
- 2980hp@2800 rpm

Fonte: The Romance of Engines

# Configuração de cilindros

Para saber mais leia:  
The Romance of Engines  
SAE International



**Connecting Rods**  
Daimler-Benz DB 600 Series Engine  
Germany, World War II  
*Gift of Ethyl Corporation*  
A.179040025000

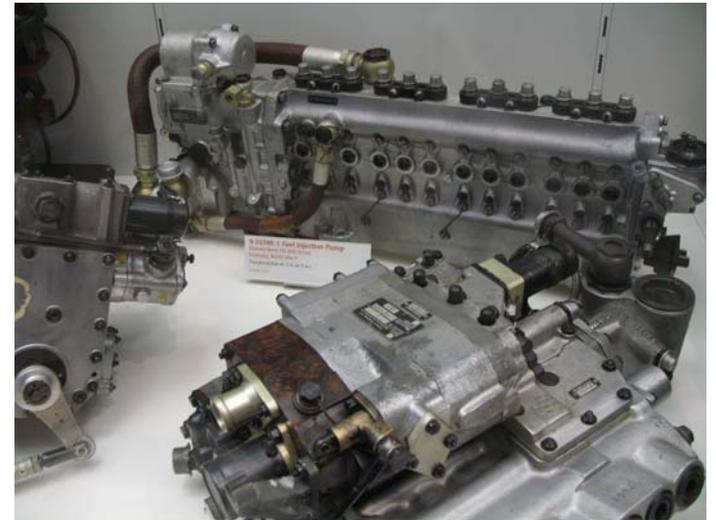


Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

H16 – BRM F1 – anos 60



# Configuração de cilindros

BUGATTI - U16 — 1919

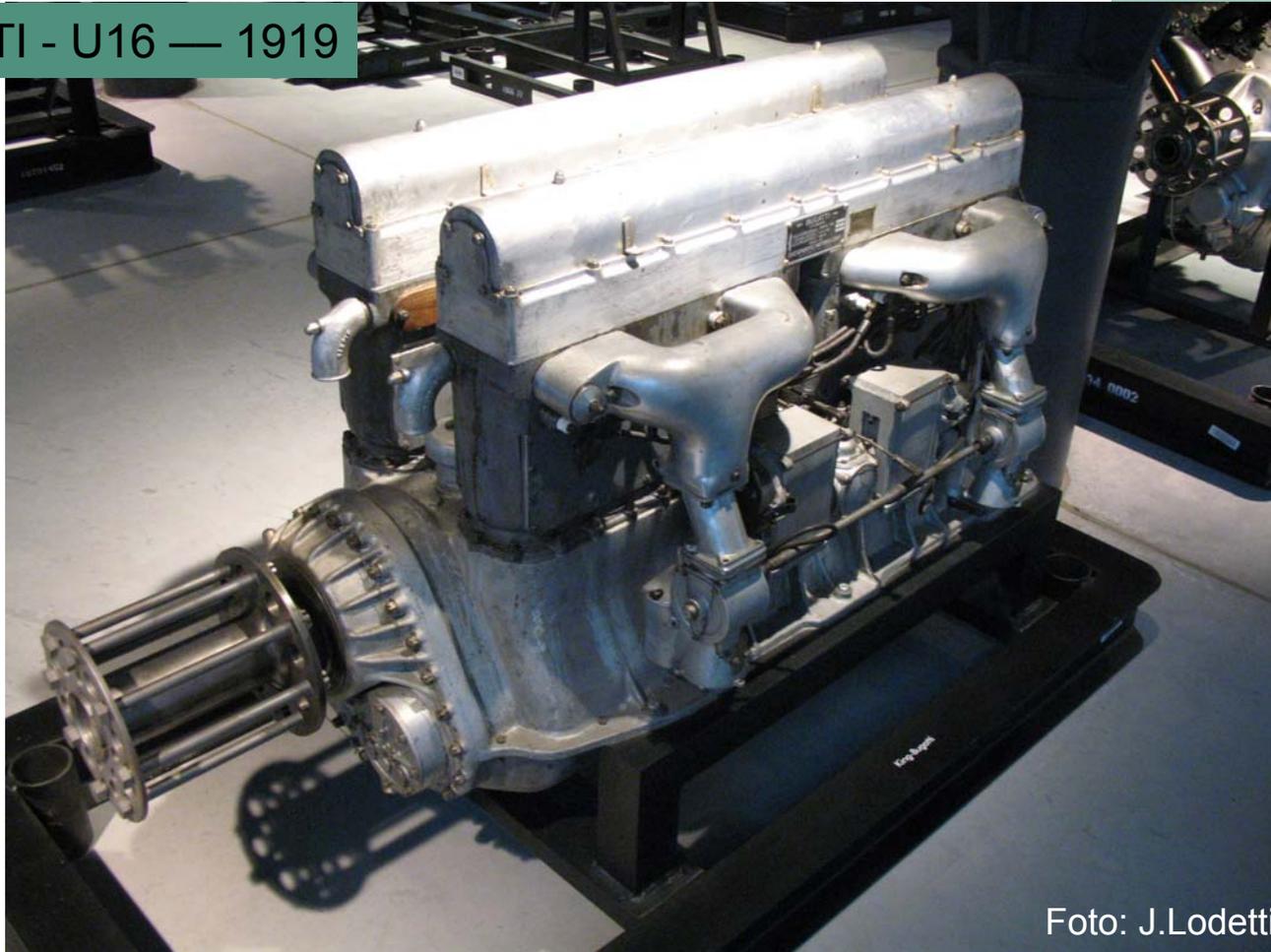
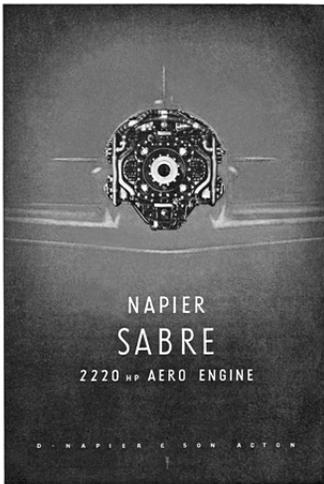
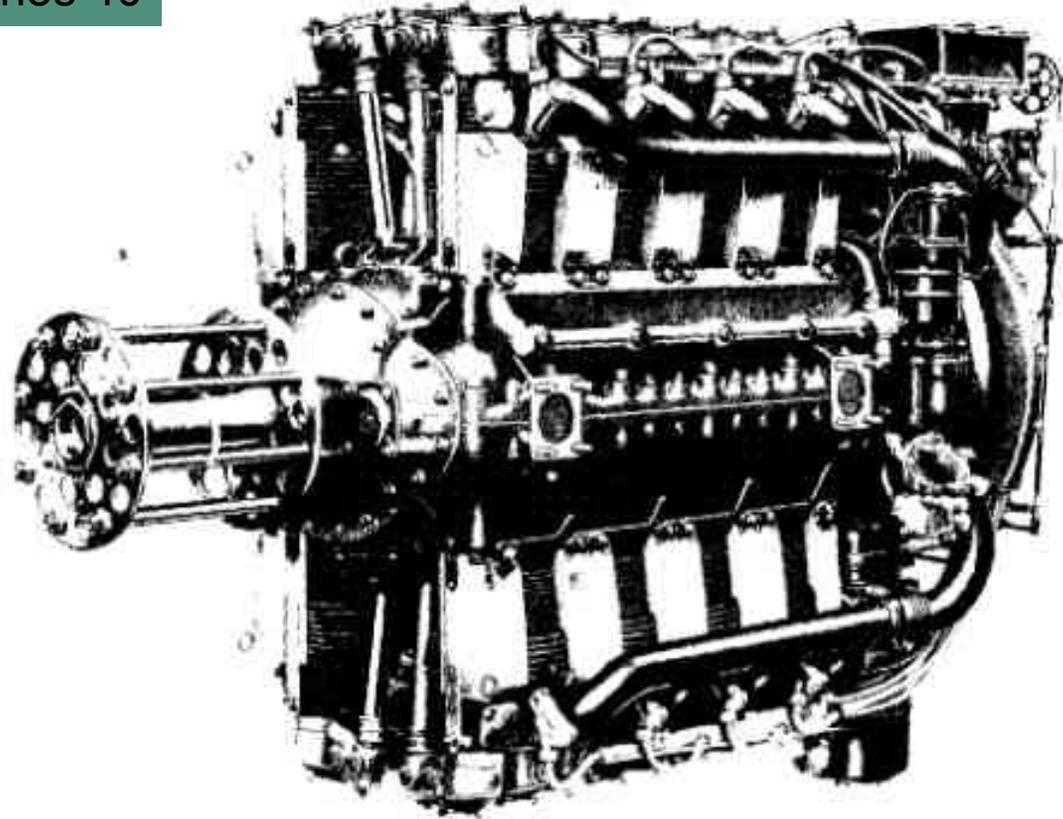


Foto: J.Lodetti

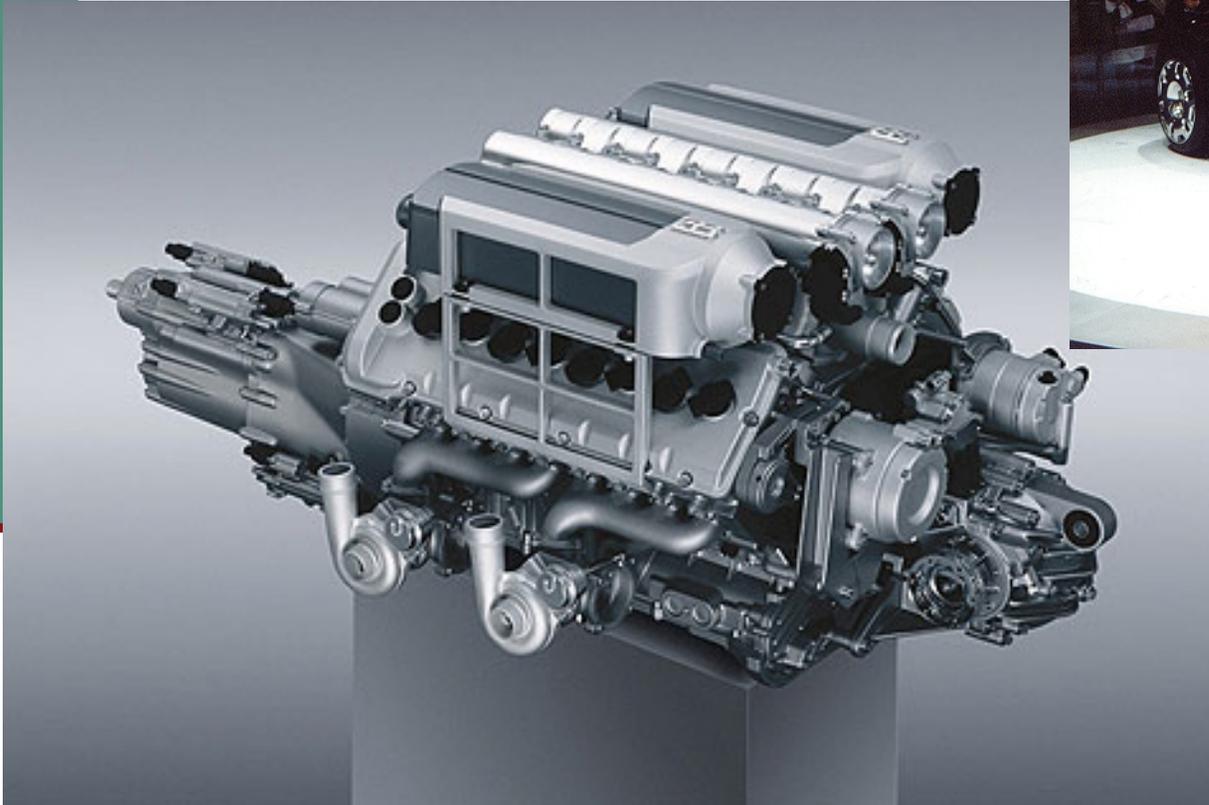
# Configuração de cilindros

H2O NAPIER SABRE – Anos 40



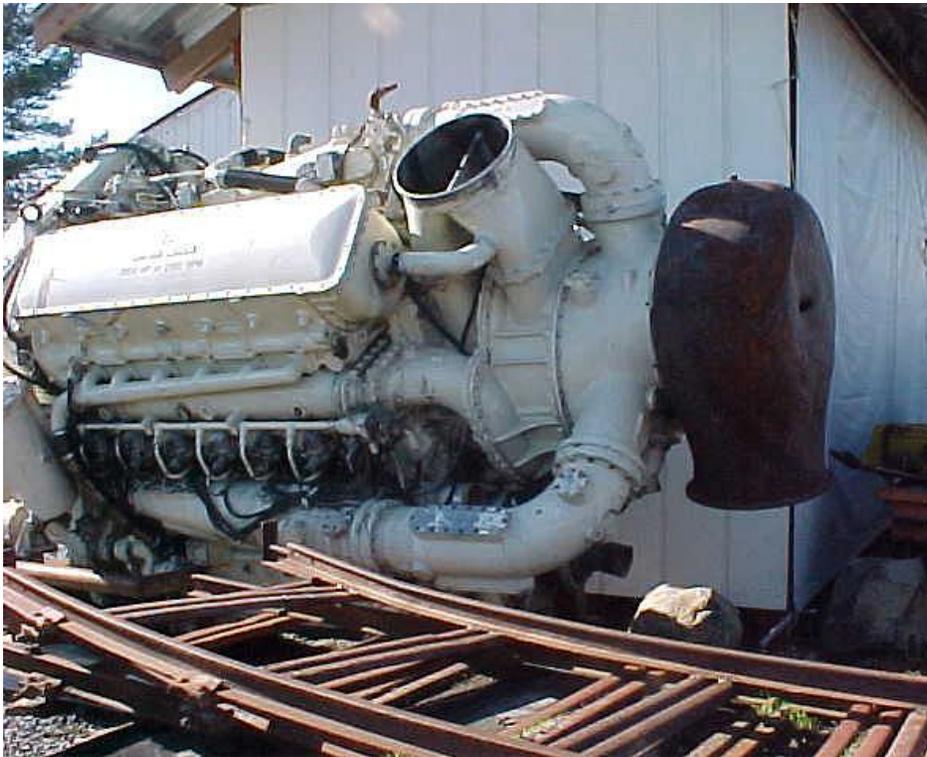
# Configuração de cilindros

W16 – 4 Turbo – Bugatti Veyron



# Configuração de cilindros

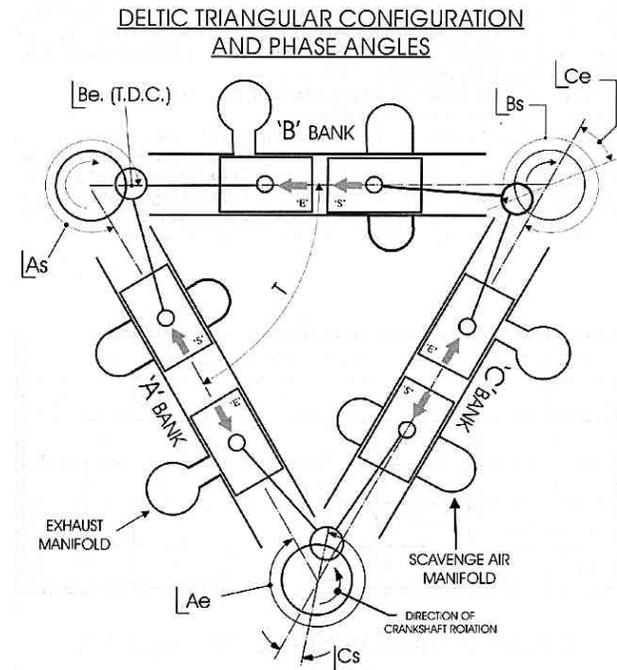
## NAPIER DELTIC



134

THE NAPIER WAY

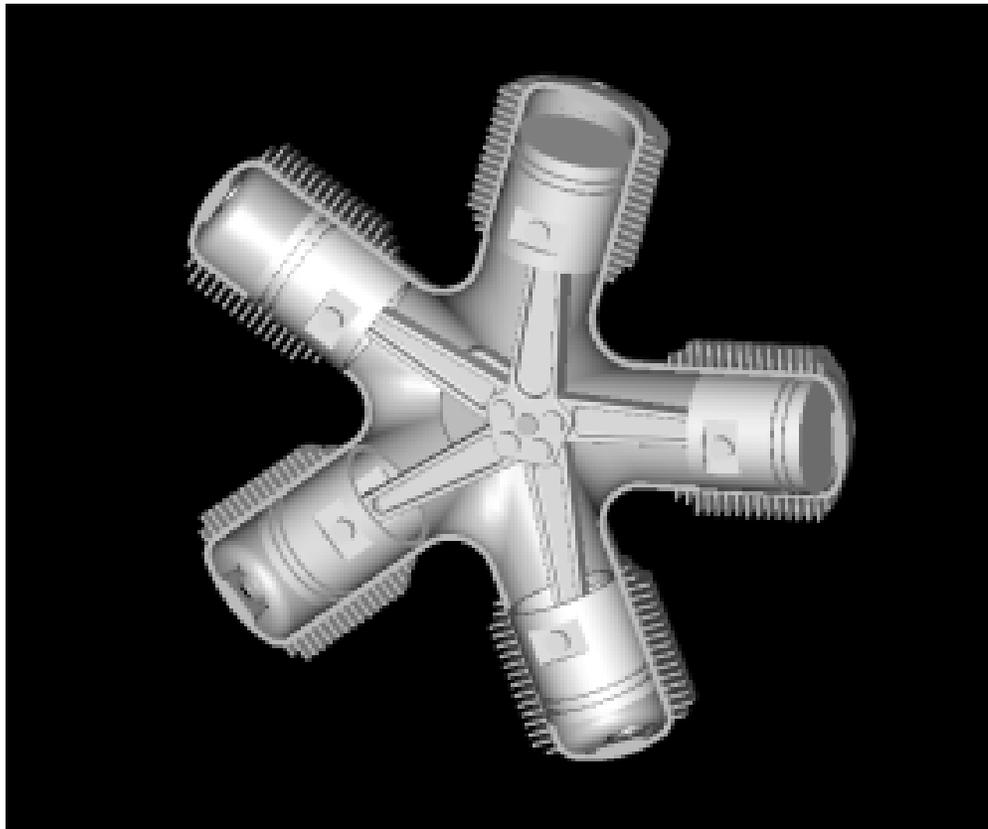
I do not think this 'how? and why?' record can be complete without a brief explanation of how the piston phase angles are established, and also how the twenty degree exhaust piston lead is derived. The following illustration, shows the triangular formation of a bank of three cylinders.



*Deltic—Triangular configuration.*

# Configuração de cilindros

Radial de 5 cilindros



# Configuração de cilindros

Radial de 18 cilindros – Bristol Hércules



Lotnictwo.net

© Paweł Bondaryk

# Configuração de cilindros

Radial de 18 cilindros – Wright R3350 Cyclone



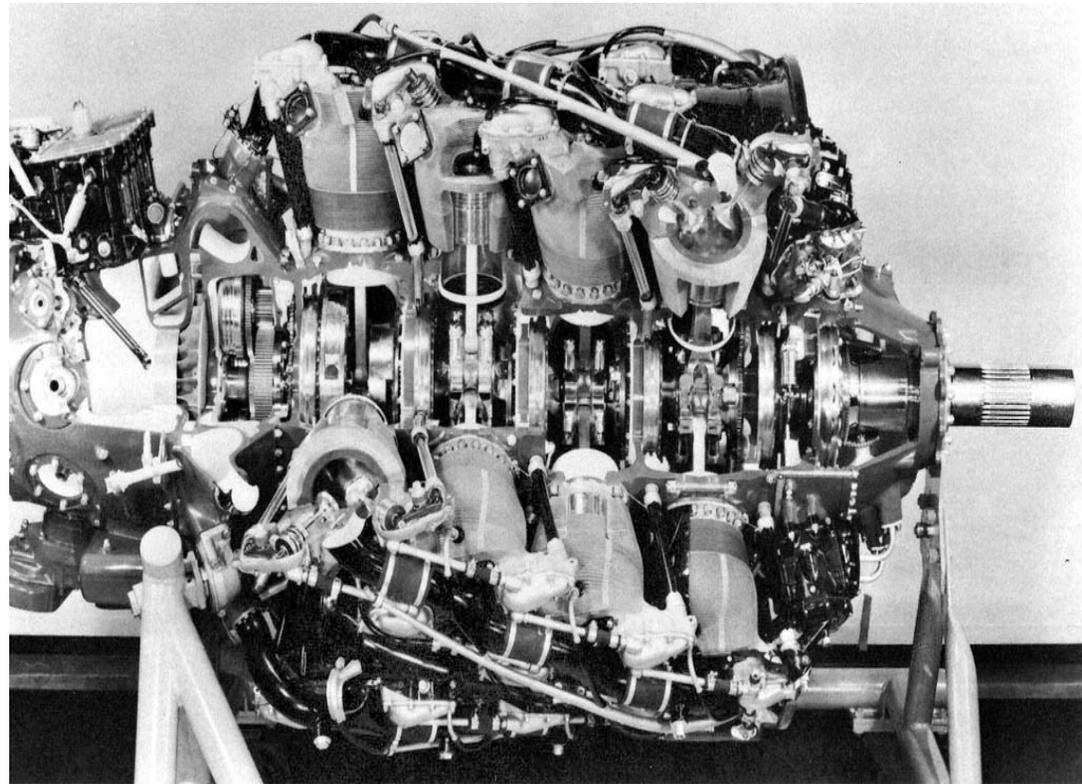
Lotnictwo.net

© Paweł Bondaryk

# Configuração de cilindros

Radial - Pratt & Whitney R4360 "Espiga de milho"

- Refrigeração a ar;
- 3500 hp;
- 28 cilindros (4 motores radiais de 7 cilindros);
- Deslocamento volumétrico: 71,5 litros;
- Ano: 1944 a 1955



# Configuração de cilindros

Radial - Pratt & Whitney R4360 "Espiga de milho"

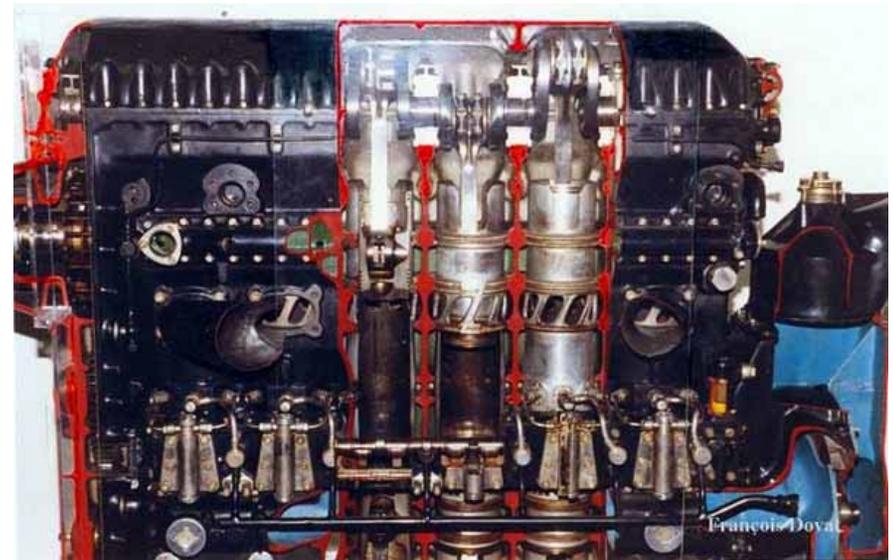


Foto: J.Lodetti

# Configuração de cilindros

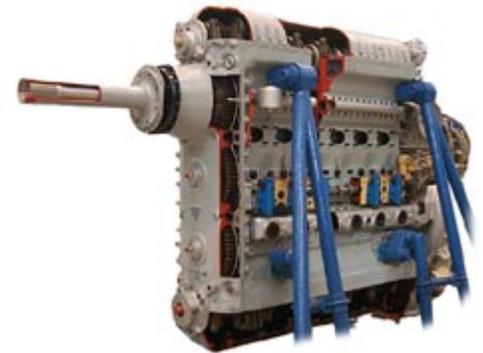
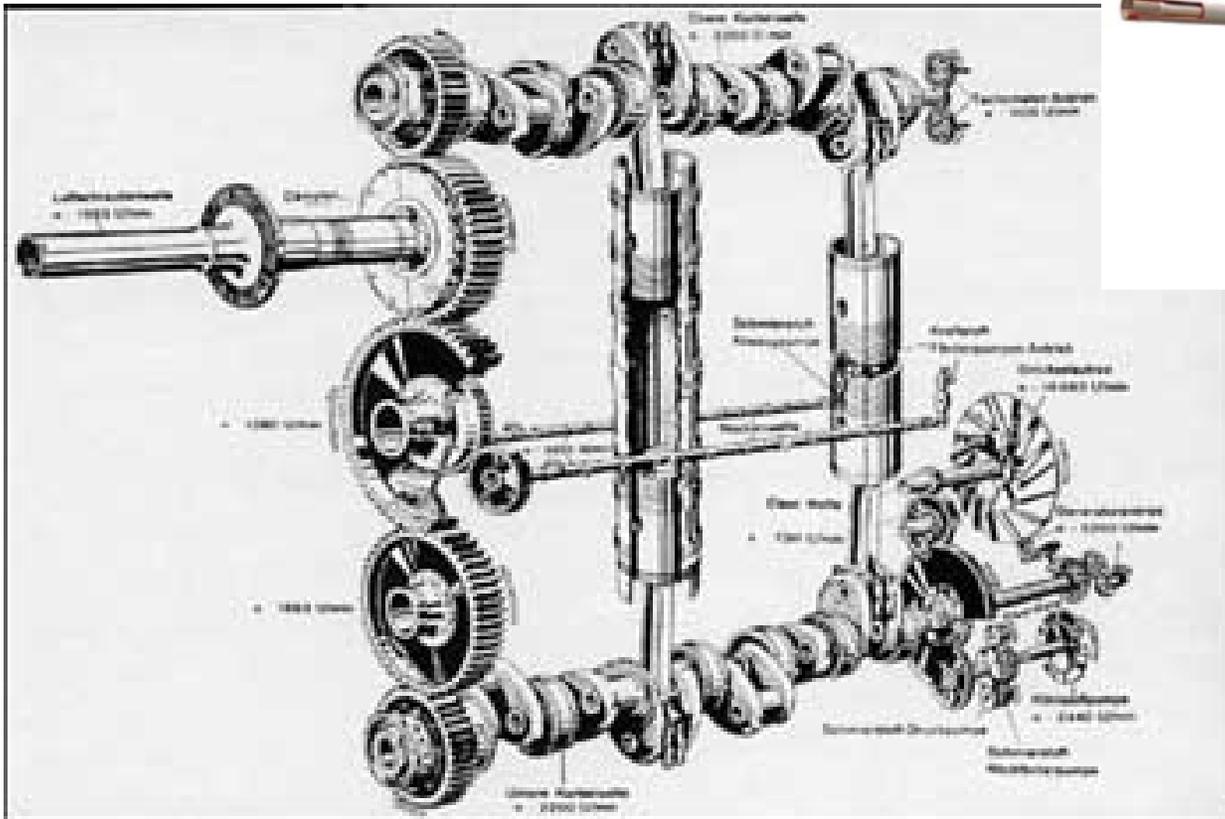
## Cilindros contra-postos - Junkers Jumo 205 - WW II

- **General characteristics**
- **Type:** 6-cylinder 12-piston liquid-cooled [opposed piston inline](#) diesel engine
- **Bore:**
- **Stroke:**
- **Displacement:** 16.6 L (1,013 in<sup>3</sup>)
- **Dry weight:** 595 kg (1,312 lb)
- **Components**
- **Valvetrain:** One intake and one exhaust port per cylinder
- **Fuel type:** [Diesel](#)
- **Cooling system:** Liquid-cooled
- **Performance**
- **Power output:** 647 kW (867 hp) at 2,800 rpm
- **[Specific power:](#)** 39.0 kW/L (0.86 hp/in<sup>3</sup>)
- **[Power-to-weight ratio:](#)** 1.09 kW/kg (0.66 hp/lb)



# Configuração de cilindros

Cilindros contra-postos - Junkers Jumo 205 - WWII



# Configuração de cilindros

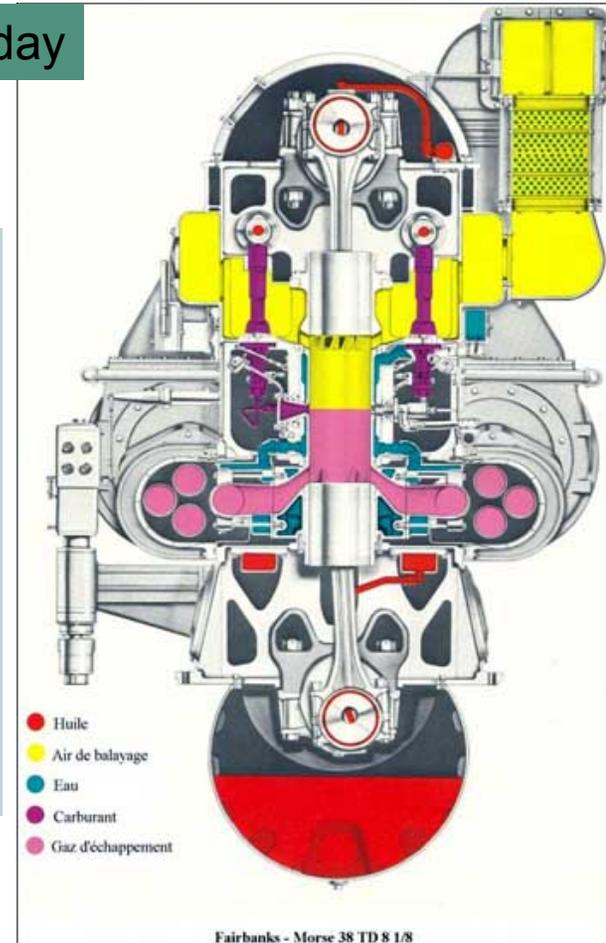
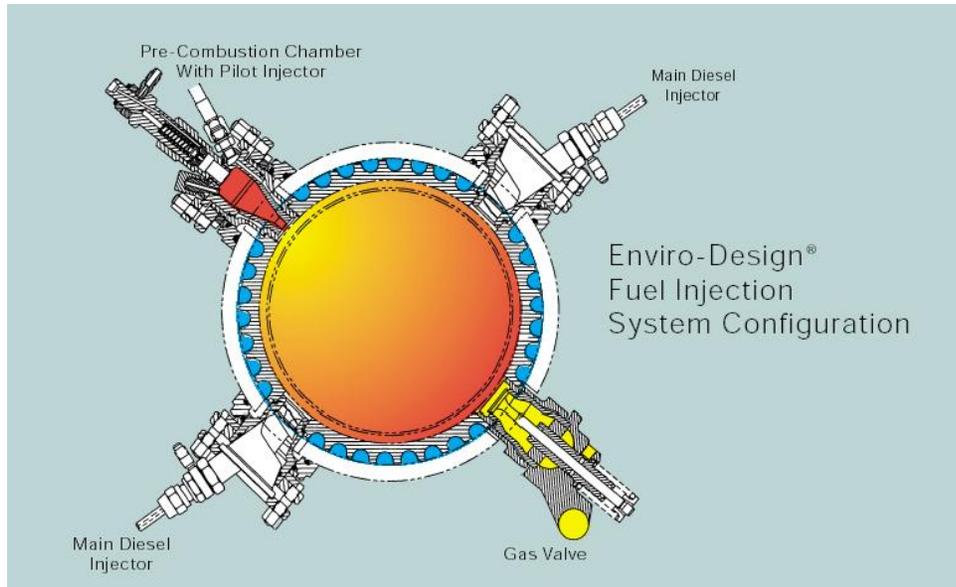
Cilindros contra-postos – Fairbanks and Morse - WWII



Saiba mais.....

# Configuração de cilindros

## Cilindros contra-postos – Fairbanks and Morse - Today





# VELOCIDADE MÉDIA DO PISTÃO

# Velocidade média do pistão

## ■ EQUAÇÃO GERAL

$$V_p(m/s) = \frac{2.L.N.10^{-3}}{60} \quad \text{ou} \quad V_p(m/s) = \frac{L.N.10^{-3}}{30}$$

Onde:

- L = curso do pistão (mm)
- N = rotação do motor (rpm)

O valor máximo da velocidade média do pistão é limitada pelos esforços de Inércia e pela garantia de um bom enchimento dos cilindros.

Uma velocidade de 24 m/s nos dias de hoje, é o limite....salvo motores F1.

# Velocidade Média do Pistão

---

- Para motores a **ignição por centelha**, os valores ficam em torno de 12 a 18 m/s;
- Existem versões esportivas que atingem a casa dos 23 m/s;
- Motores de F-1 atuais, ultrapassam a barreira dos 26 m/s;
- A velocidade média do pistão nos dá uma idéia da escolha técnica do motor. Influenciando prestações e custos de produção

# Velocidade média do pistão

- Custa caro ter um motor que trabalhe na casa dos 23 m/s.
- Logo, tem-se que justificar o preço.



# Velocidade média do pistão

A velocidade média do pistão permite classificar os motores **diesel** como:

**1 Rápidos** (automóvel), onde  $V_p = 12 - 14$  m/s,  $N = 4000$  a  $5000$  rpm. Caminhão, trem...

**2 Semi-rápidos**, onde  $V_p = 7 - 9$  m/s,  $N < 1000$  rpm

**3 Lentos**, onde  $V_p = 6 - 8$  m/s,  $N < 600$  rpm

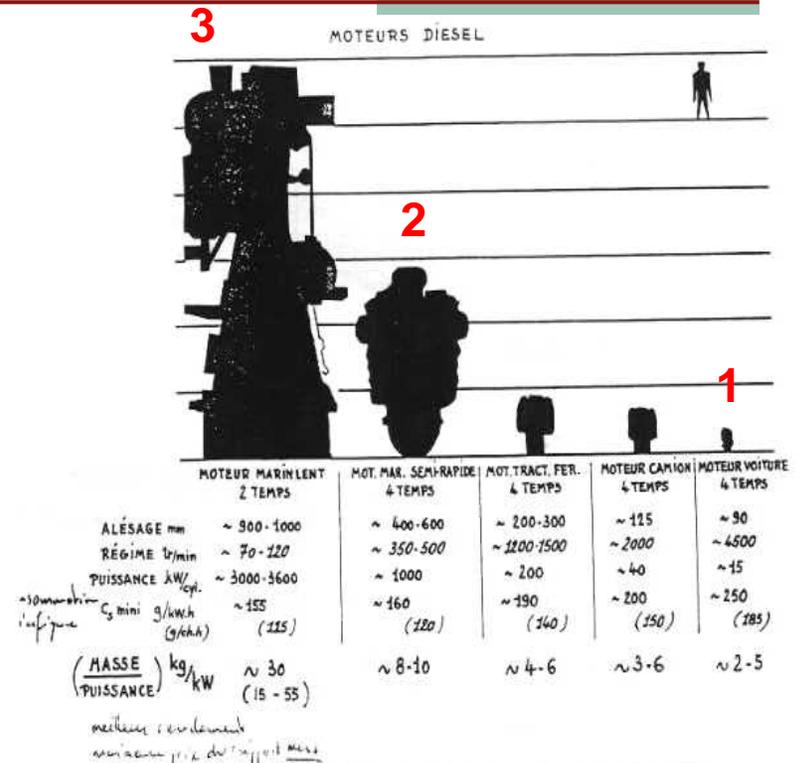


Fig. I.18. Caractéristiques de construction et performances moyennes actuelles (1998) de la gamme des moteurs Diesel.

$$V_p(m/s) = \frac{L \cdot N \cdot 10^{-3}}{30}$$

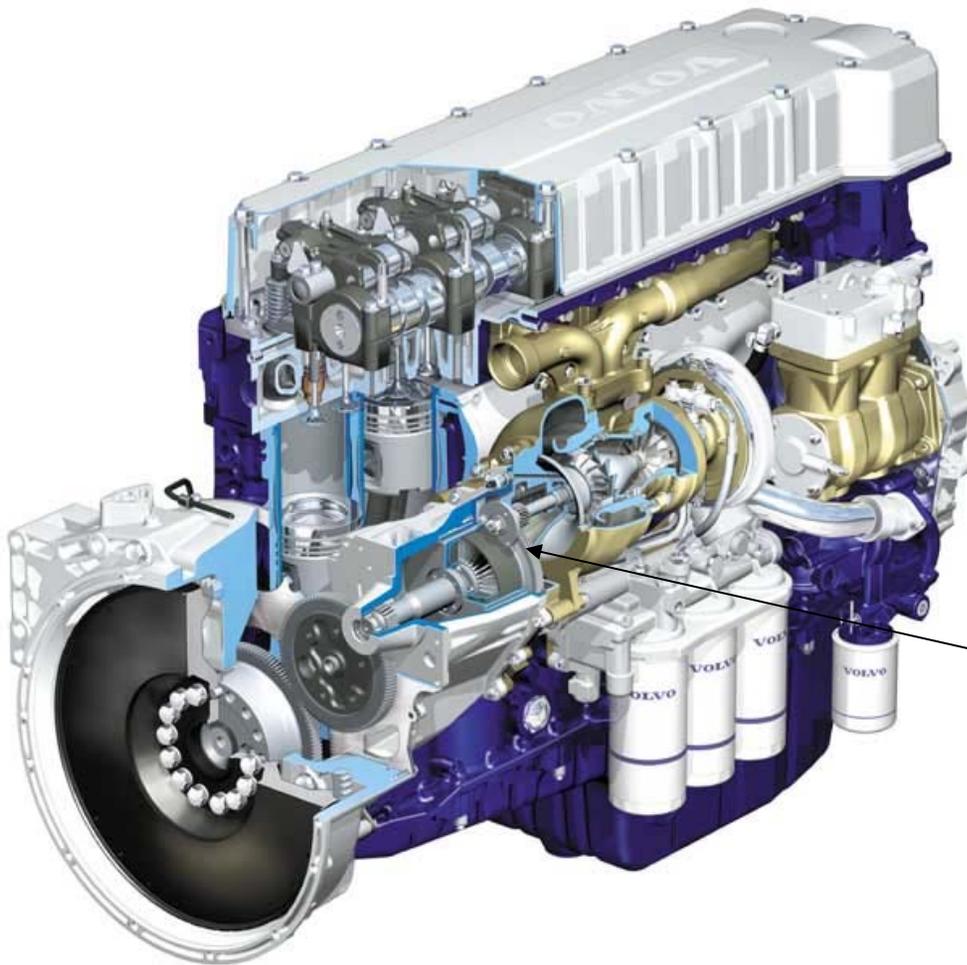
# Velocidade média do pistão

---

- A tendência atual para os motores DIESEL, tanto os rápidos quanto os semi-rápido, está na marca de 11 m/s de Velocidade média do pistão.

# Velocidade média do pistão

- Motor Rodoviário rápido – Volvo D12D



**Curso = 150 mm**

**NPmax = 1800 rpm**

**Pot = 70 kw/cilindro**

**CSEmin = 200 g / kw.h**

**$V_m = 9 \text{ m/s}$**

# Velocidade média do pistão

## ■ Motor Ferroviário rápido



**$D, L = 200, 300 \text{ mm}$**

**$N = 1000 \text{ rpm}$**

**$Pot = 200 \text{ kw/cilindro}$**

**$CSE_{min} = 190 \text{ g / kw.h}$**

**$V_m = 10 \text{ m/s}$**

# Velocidade média do pistão

## ■ Motor Ferroviário rápido

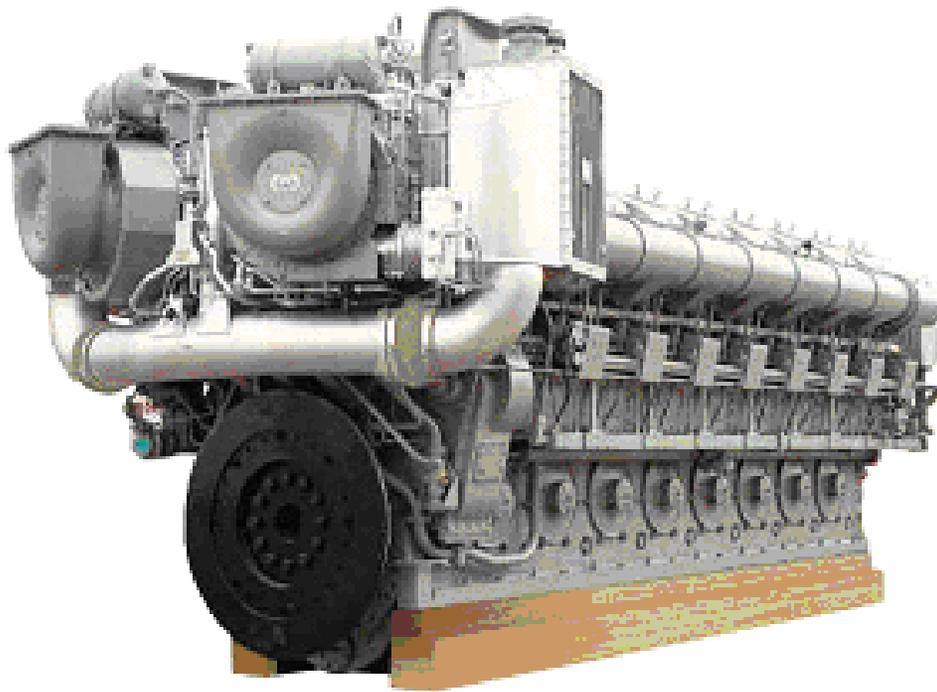


**D = 200 - 300 mm**  
**N = 1200 - 1500 rpm**  
**Pot = 200 kw/cilindro**  
**CSEmin = 190 g / kw.h**



# Velocidade média do pistão

- Motor Marinho SEMI-RAPIDO



**D = 400 – 600 mm**

**N = 350 – 500 rpm**

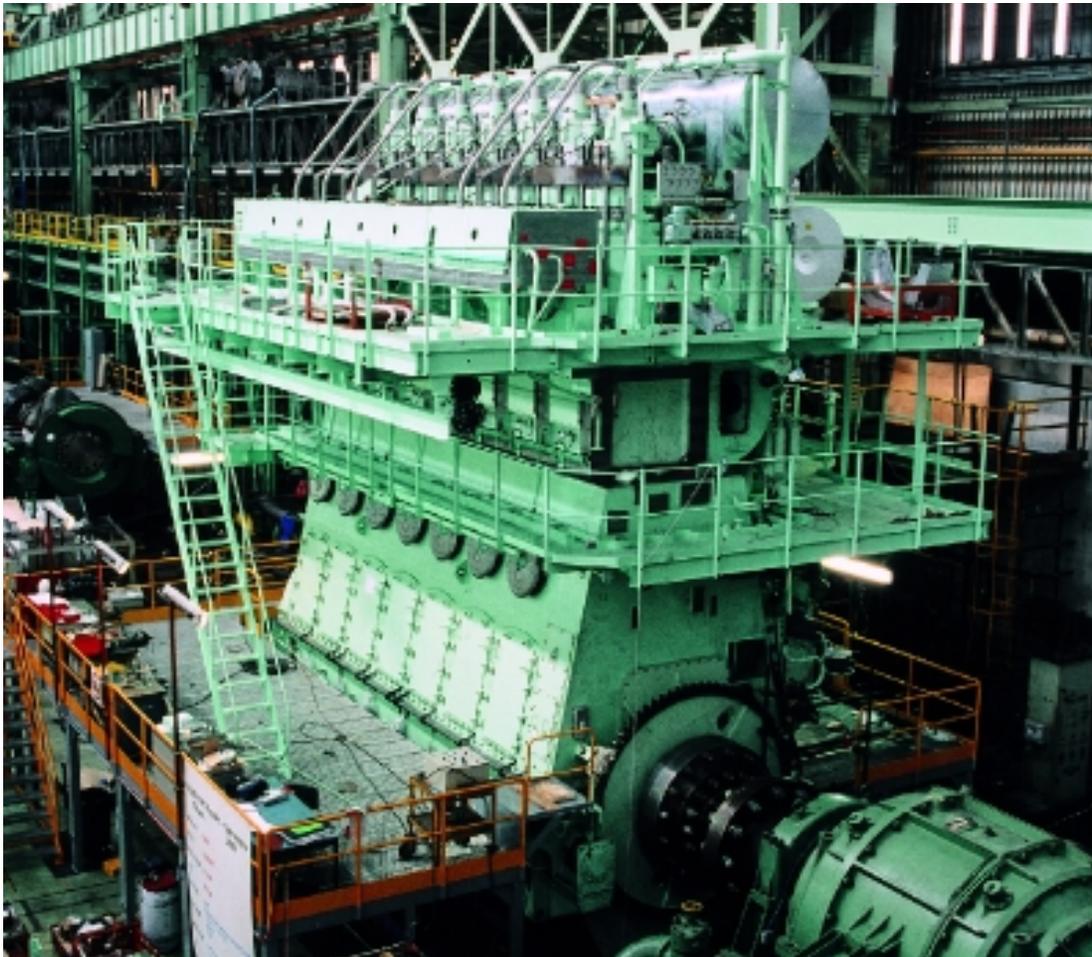
**Pot = 1000 kw/cilindro**

**CSEmin = 190 g / kw.h**

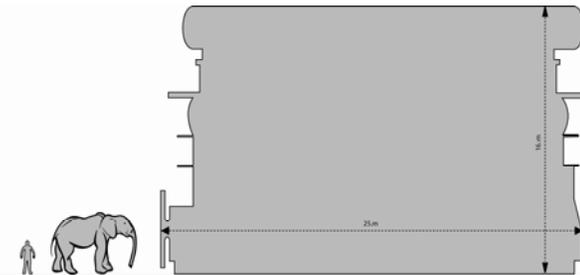
**V<sub>m</sub> ~ 8 m/s**

# Velocidade média do pistão

## ■ Motor Marinho LENTO



**$N = 70 - 120 \text{ rpm}$**   
 **$Pot = 3500 \text{ kw/cilindro}$**   
 **$CSEmin = 155 \text{ g / kw.h}$**   
 **$V_m \sim 6 \text{ m/s}$**



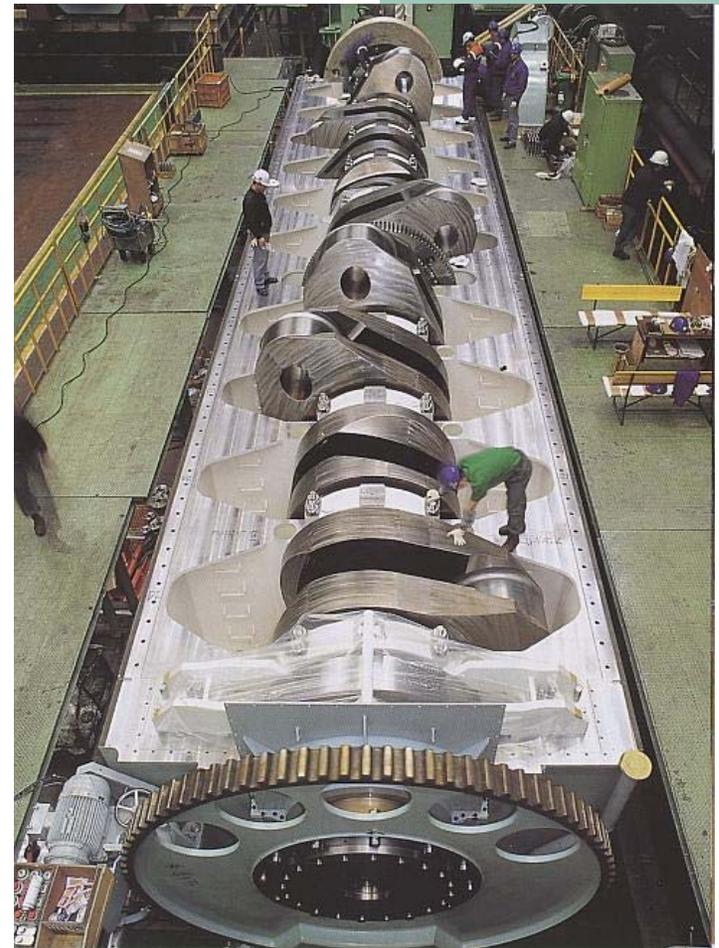
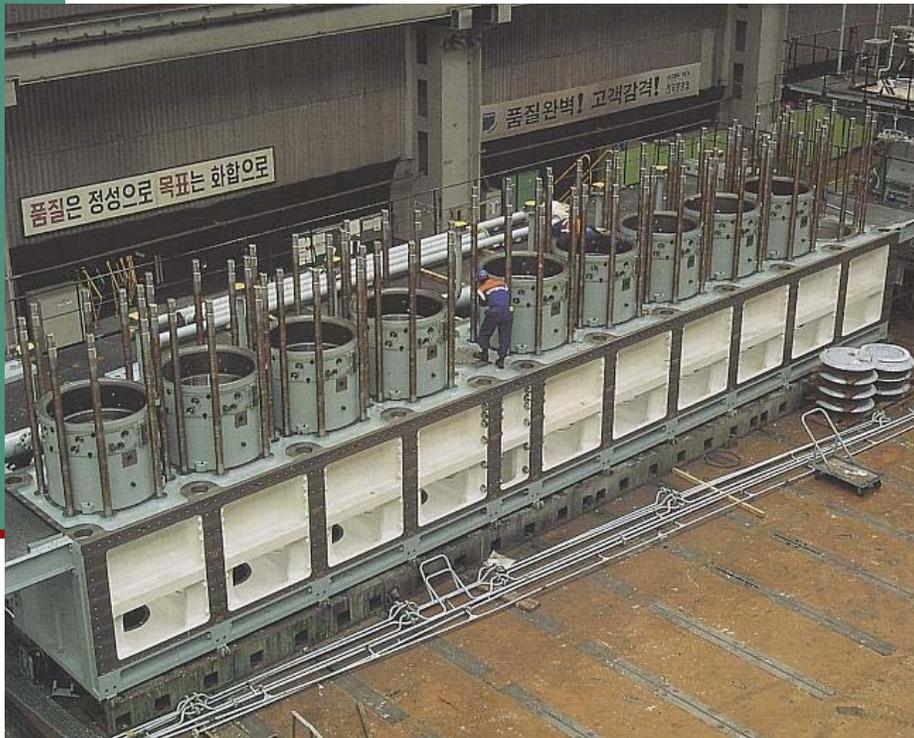
# Velocidade média do pistão

- Motor Marinho LENTO



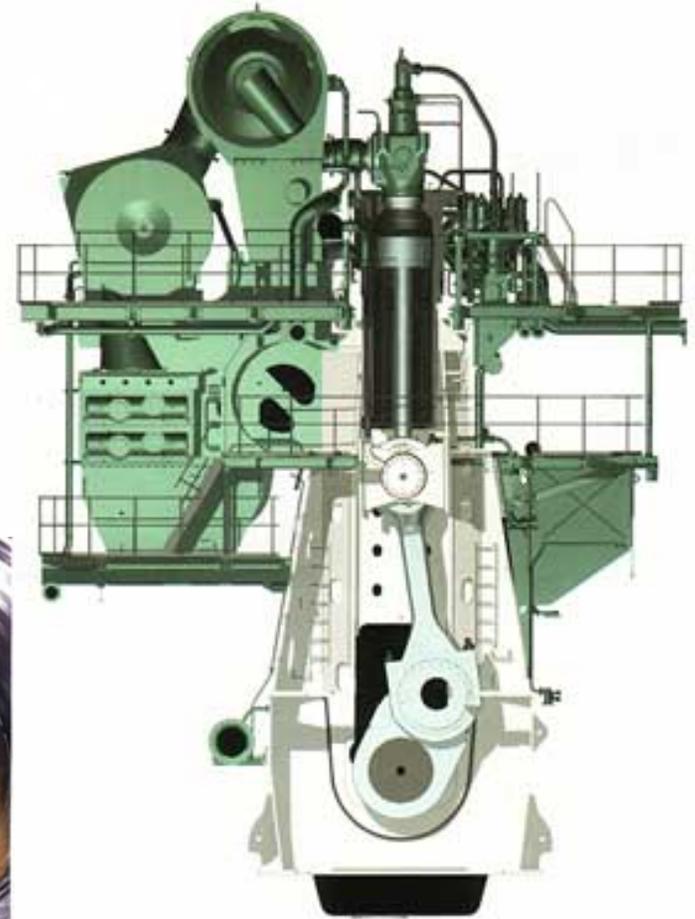
# Velocidade média do pistão

- Motor Marinho LENTO



# Velocidade média do pistão

- Motor Marinho LENTO

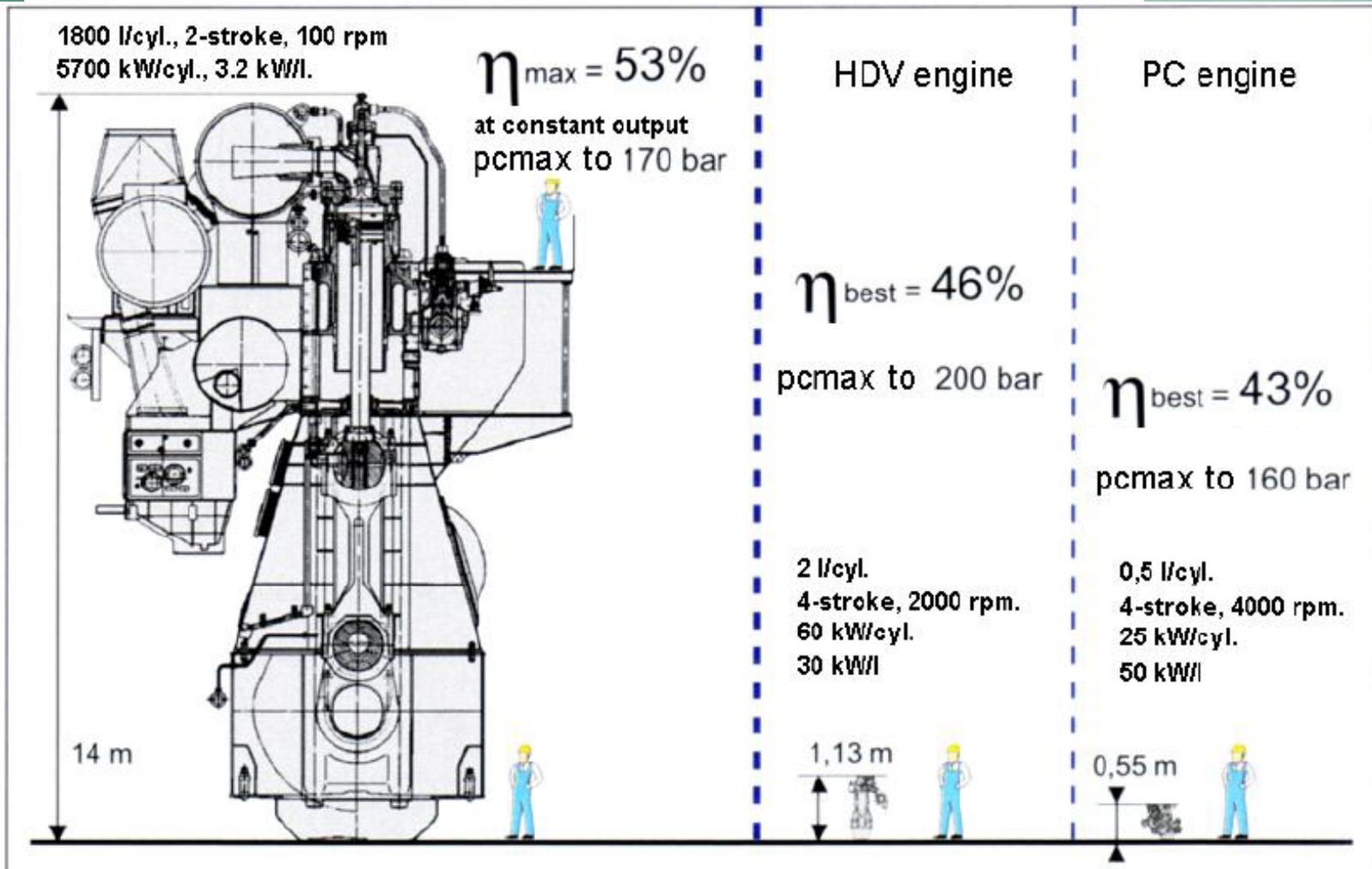


# Velocidade média do pistão

- Motor Marinho LENTO



# Velocidade média do pistão



# Relação diâmetro x curso

## ■ Motor QUADRADO

- Onde  $L = D$

- Ex: Automóveis “populares”

## ■ Motor SUPER-QUADRADO

- Onde  $L < D$

- Ex: Motores de competição ou esportivos

## ■ Motor SUB-QUADRADO

- Onde  $L > D$  e  $L \gg D$

- Ex: Motores de caminhão, navio

# Relação de compressão

- Também conhecido como “taxa de compressão”, mas este termo é errôneo;
- ONDE:
  - vezinho = volume da câmara de combustão, incluindo o volume da pré-câmara, no caso de injeção indireta diesel;
    - Além da espessura da junta do cabeçote...
  - VEZÃO = volume do cilindro;

$$\mathcal{E} = \frac{V_u + v}{v}$$



# CONTROLE ELETRÔNICO DO MOTOR

# As prestações para satisfazer o cliente

---

- Antes de 1970: só importava **desempenho, aceleração, potência e velocidade.**
  - Depois, por causa das crises petróleo, o cliente desejava um carro que consumisse pouco.
  - Ao fim dos anos 70, diminuir **poluição** viria ser a maior preocupação das industria automotiva e petrolíferas, devido a pressão exercida pela legislação.

# As prestações para satisfazer o cliente

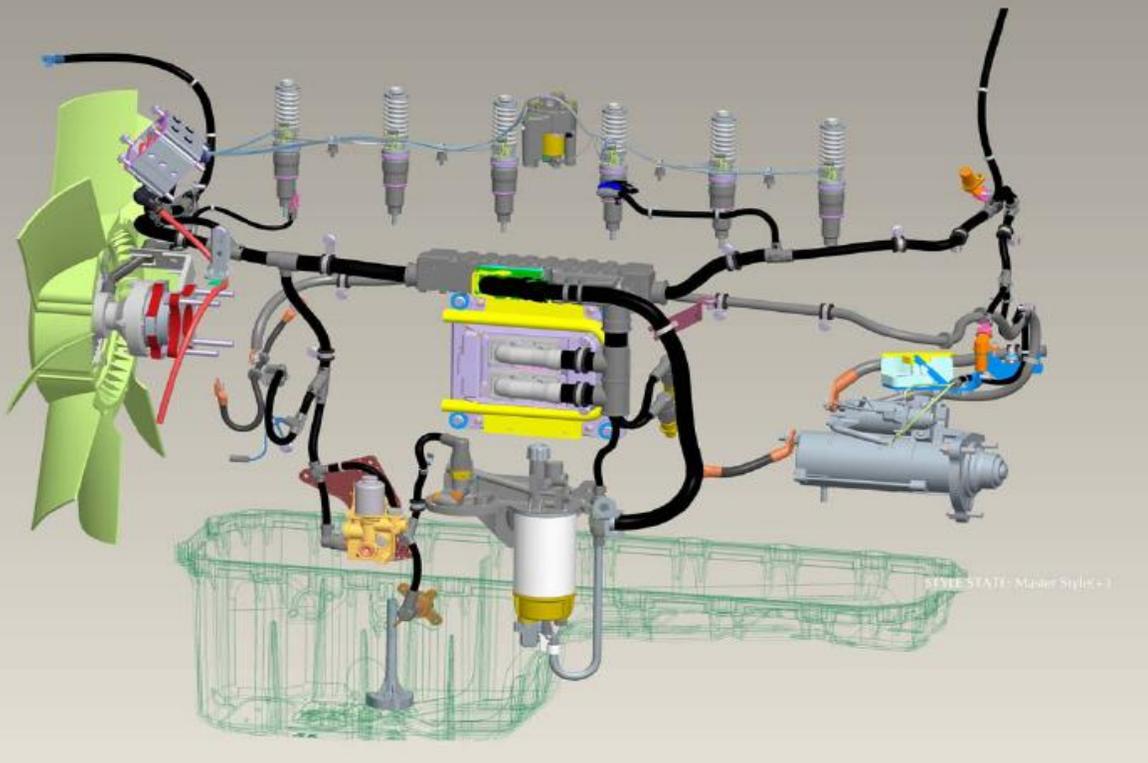
---

• Agora, quando um construtor tem que ajustar um motor, deve-se combinar as diferentes prestações seguintes para seduzir o cliente :

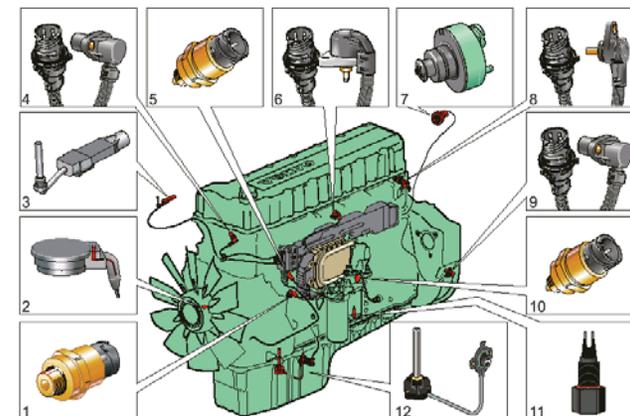
- Consumo
- Desempenhos
- Ruídos/Vibrações
- Dirigibilidade  
(correção do torque)
- Poluição\Emissões
- Confiabilidade
- Arranque a  
frio / quente

# As prestações para satisfazer o cliente

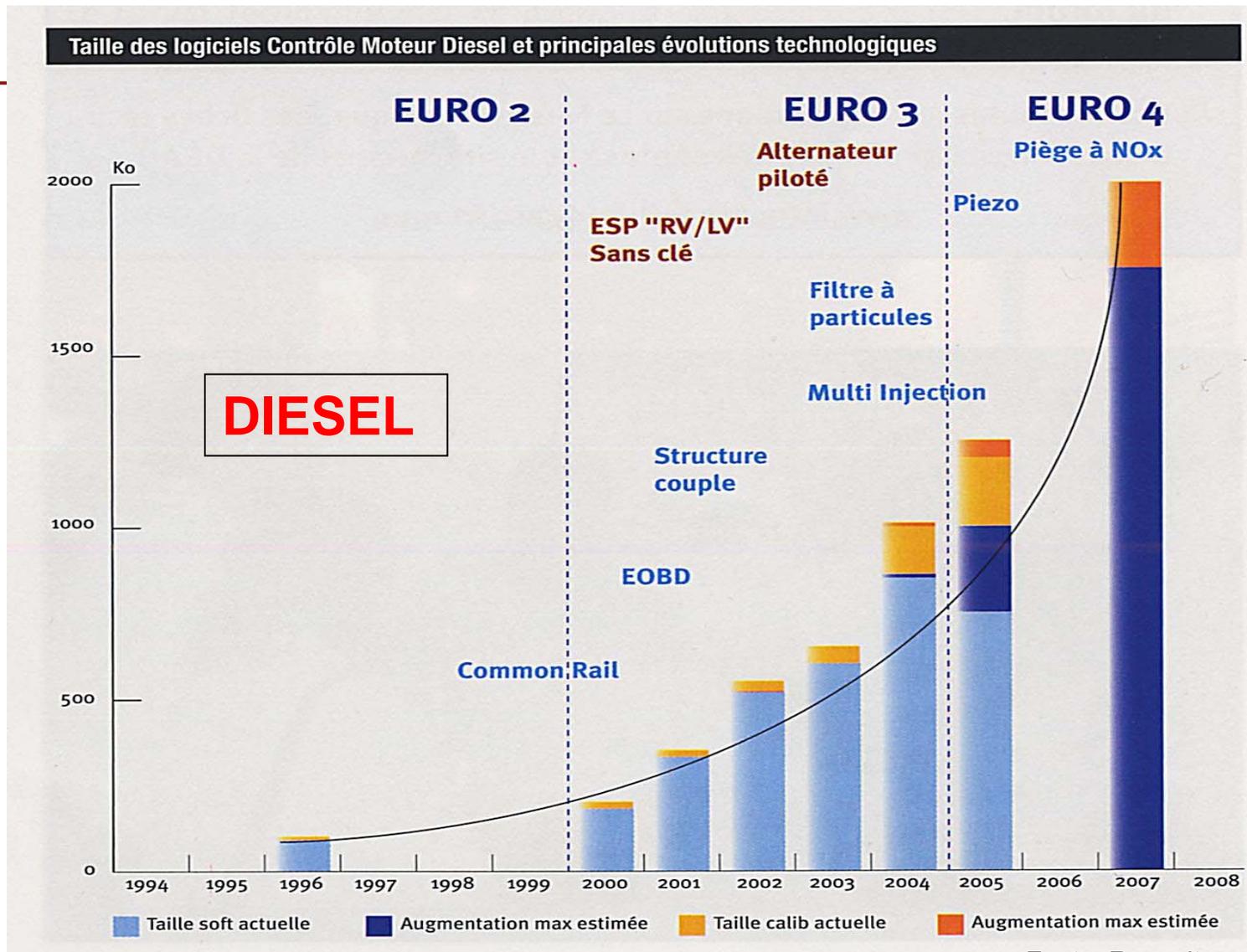
- Graças aos melhoramentos com a velocidade de tratamento para o computador dos dados provenientes dos sensores, muitos fatores podem ser ajustados durante o funcionamento do motor para adequar-se a estas prestações. Isso é o controlador do motor.



- 1- Pressão do óleo no cárter
- 2- Velocidade da ventoinha
- 3- Nível do Líquido de Arrefecimento do motor
- 4- Sinal de Posição do eixo de cames
- 5- Temperatura e pressão do óleo do motor
- 6- Temperatura e pressão do ar no turbocompressor (no coletor de admissão)
- 7- Temperatura do ar de entrada no filtro e indicador de restrição do filtro
- 8- Temperatura do líquido de arrefecimento
- 9- Rotação e posição do volante do motor
- 10- Pressão do combustível
- 11- Presença de água no combustível
- 12- Nível do óleo do cárter



# Dimensões dos calculadores...

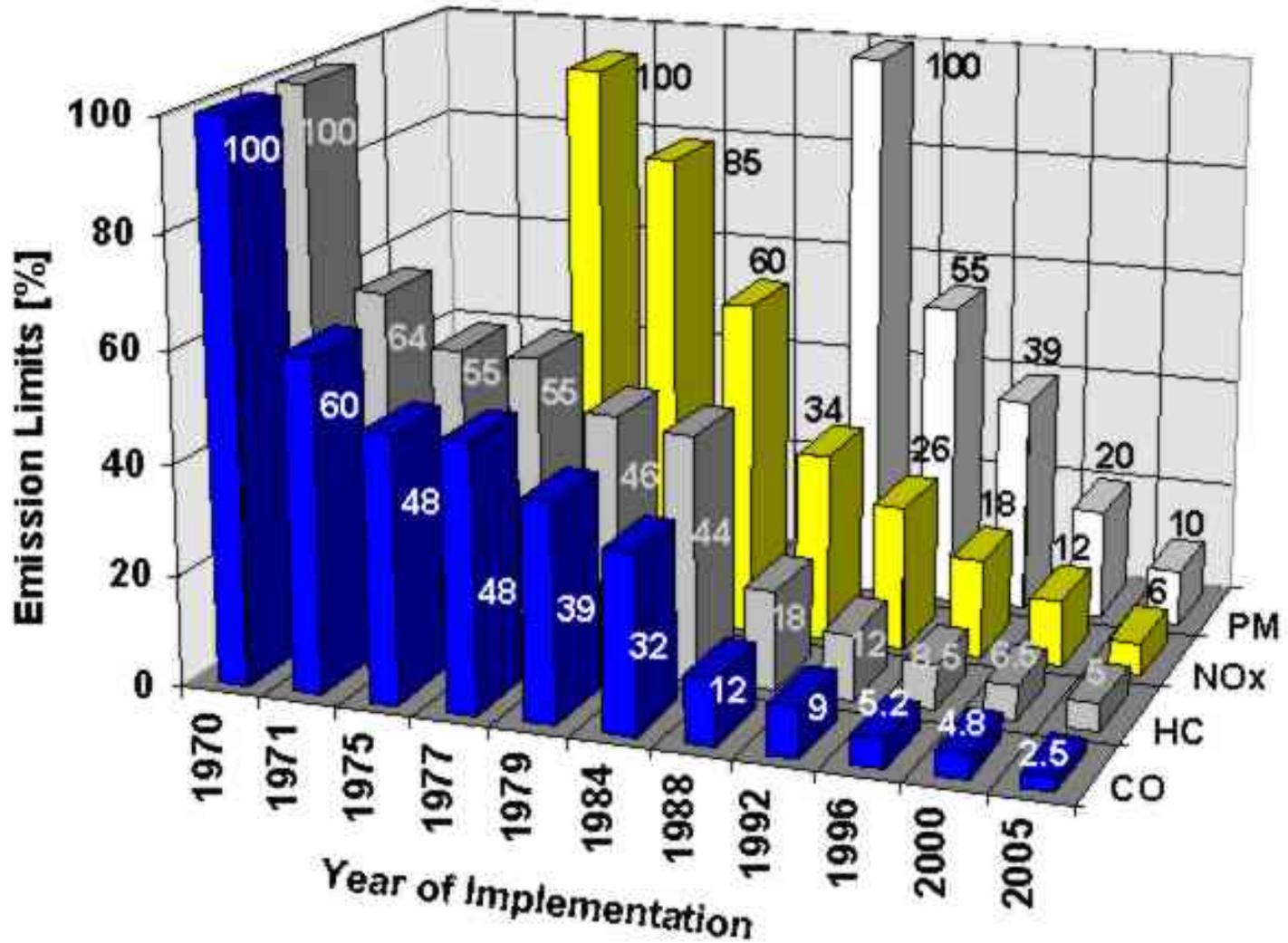


Fonte: Renault



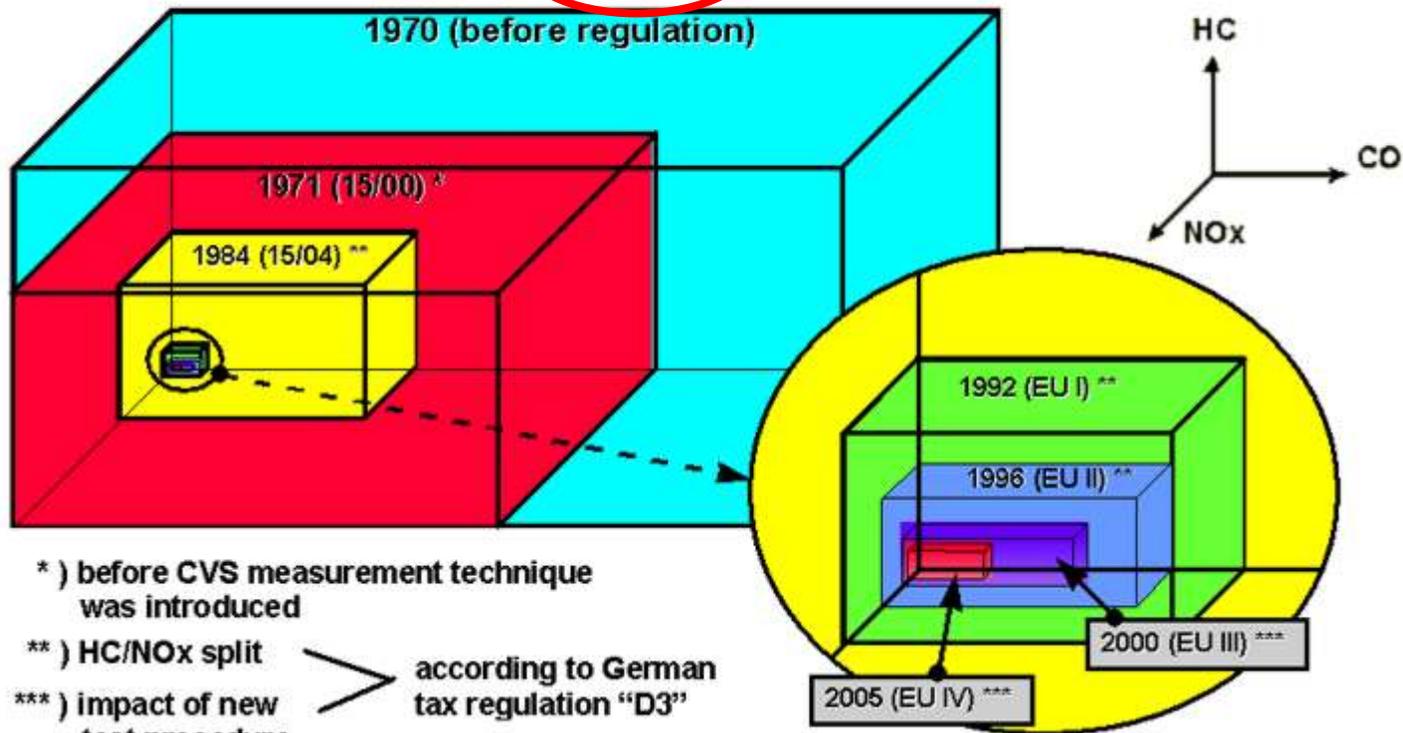
# NORMAS DE EMISSÕES

## Powertrain Evolution of Diesel Emission Limitation



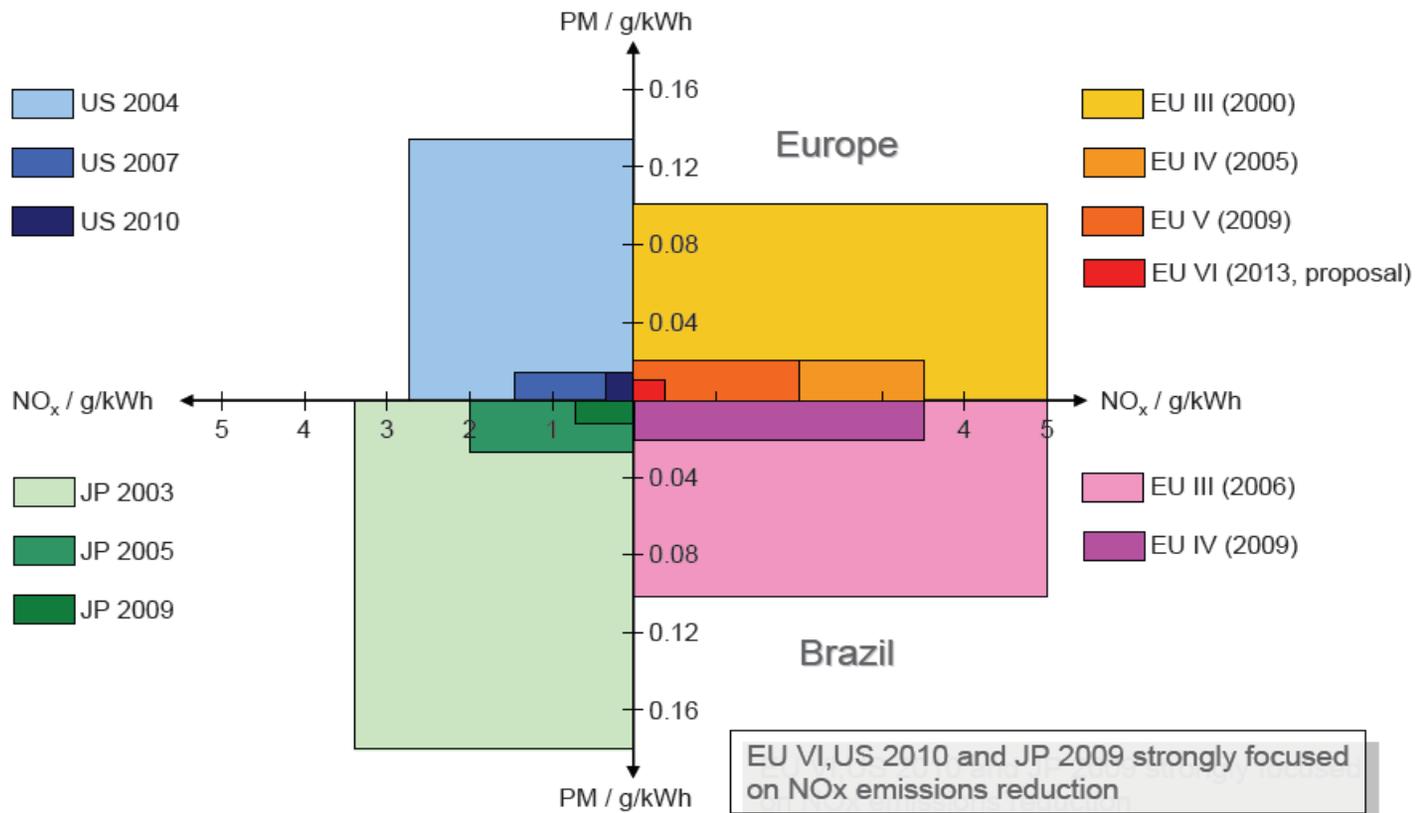
# Evolução

## European Emission Legislation (SI-Engines)



# Evolução

## Current and Future HDD Emissions Legislation



Fonte: Corning, forum SAE Diesel 2008

# Legislação nos USA

## Carros de passeio

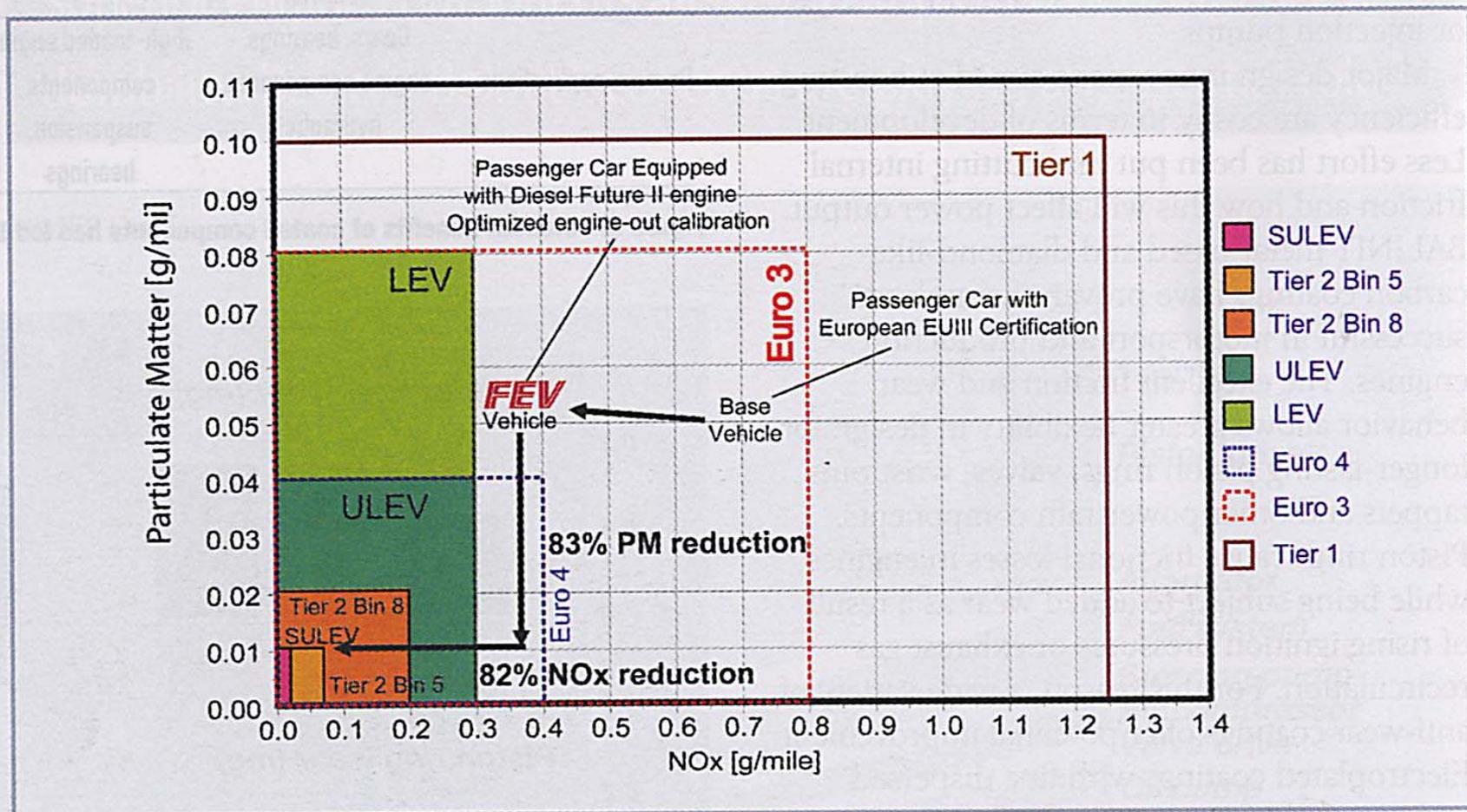
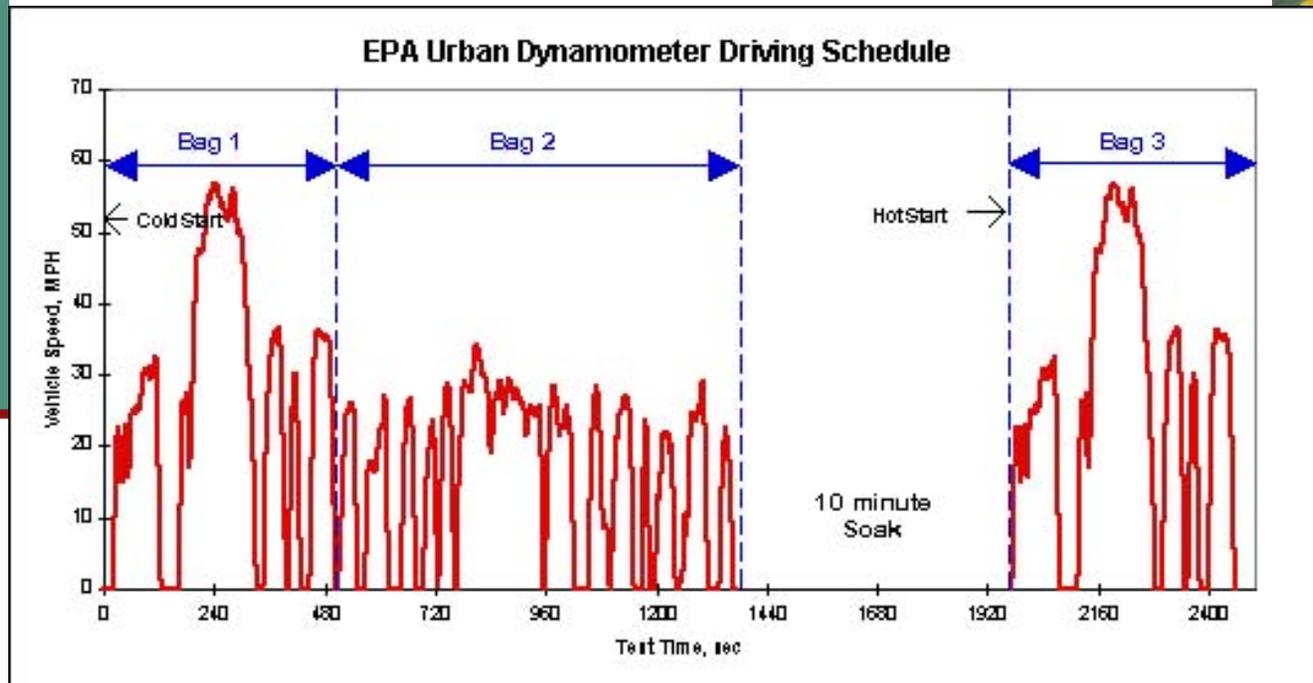


Figure 1: A detailed illustration of the emission regulations that FEV had to comply with, as well as initial vehicle results

# Legislação nos USA

## Veículos de Passeio

### ■ Ciclo FTP 75



# Legislação na Europa – Veículos de Passeio

## ■ Ciclo NMVEG

