

CAPITULO 11

Curvas características de um motor

-

Influencia dos parâmetros de
regulagem, de uso e concepção



Curvas características de um motor

-

Influencia dos parâmetros de regulação, de uso e concepção

- **Curvas características em função do regime de rotação**

- **Curvas de potência** $P_{max} = f(N)$

Para motores à gasolina, a **carga plena** é obtida quando o **borboleta está completamente aberta**. É a posição que permite o maior enchimento de ar independentemente do regime.

Para motores **Diesel**, a carga plena é obtida regulando-se a bomba de combustível ou o tempo de injeção, tal que a **vazão de combustível** seja máxima. Para este tipo motor, a carga está limitada não pelo enchimento em ar que sempre é máximo, mas sim pela fuligem emitida pelo escapamento.

- Características em função do regime

- Curvas de potência $P_{max} = f(N)$

O regime máximo é imposto pelo aumento das solicitações mecânicas no motor, pelo mal funcionamento de algumas peças (Ex.:distribuição), pela queda de enchimento dos cilindros à alto regime ou o crescimento das cargas térmicas.

$$P_i = (n_{cilindro} \cdot M_{ar} \cdot q) \cdot \eta_{teorico}$$

$$\Rightarrow P_i = \frac{(N)}{120} \eta_{volumetrico} \cdot V_{cilindro} \cdot \rho_{ar} \cdot \eta_{teorico}$$

A P_i é diretamente proporcional ao rendimento volumétrico.

- Características em função do regime

- Curvas de potência $P_{max} = f(N)$

A “Pi” vai também depender do rendimento teórico do motor, que não é constante em função do regime :

- **à baixo regime**, o rendimento teórico diminui porque :

- o posicionamento da distribuição é mal adaptado
- as perdas térmicas aumentam (aumento do tempo em que as paredes do cilindros “enxergam” a combustão).
- o blow-by a nível dos anéis (vazamento dos gases de combustão) aumenta devido a pressão nos cilindros ser pequena.

Por isso a Pi diminui mais rapidamente do que o rendimento

- Características em função do regime

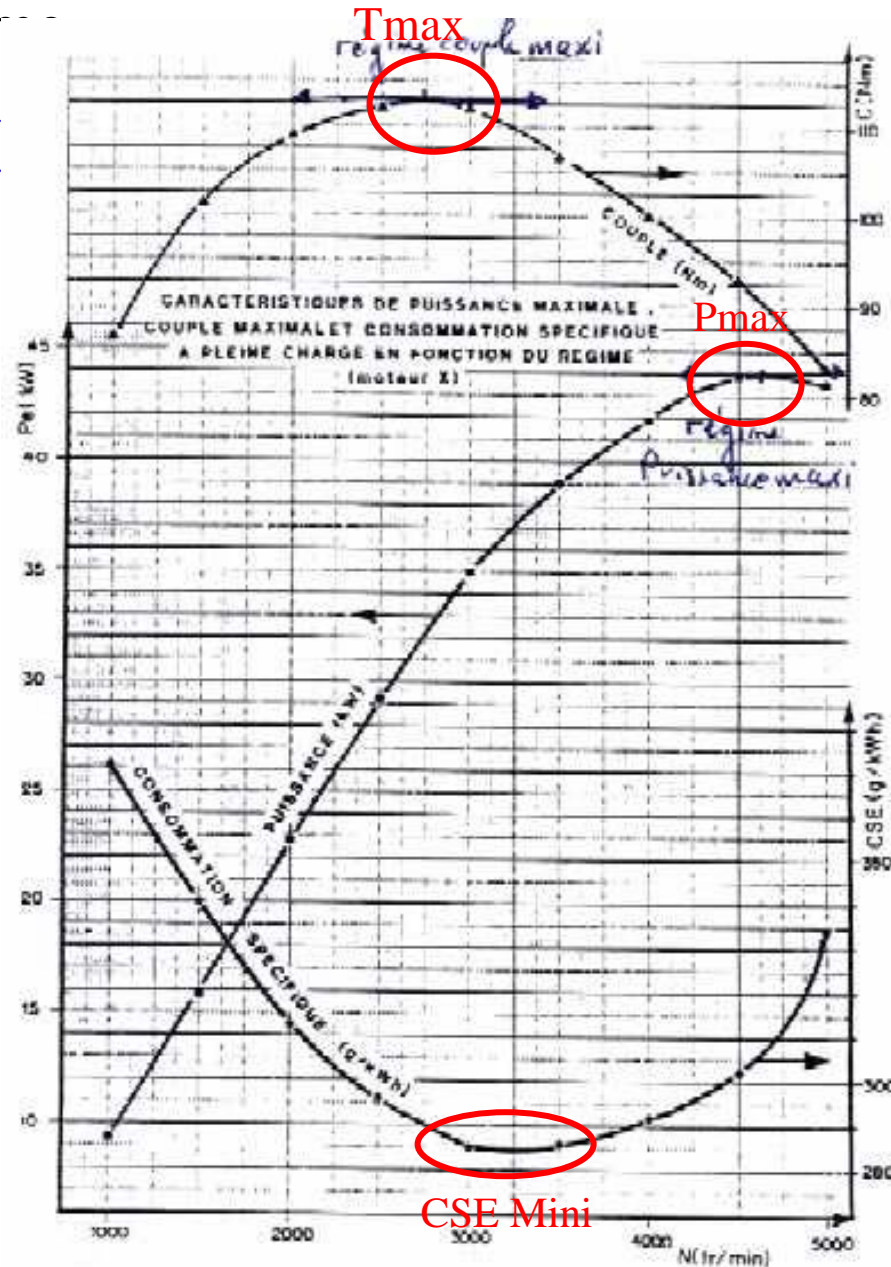
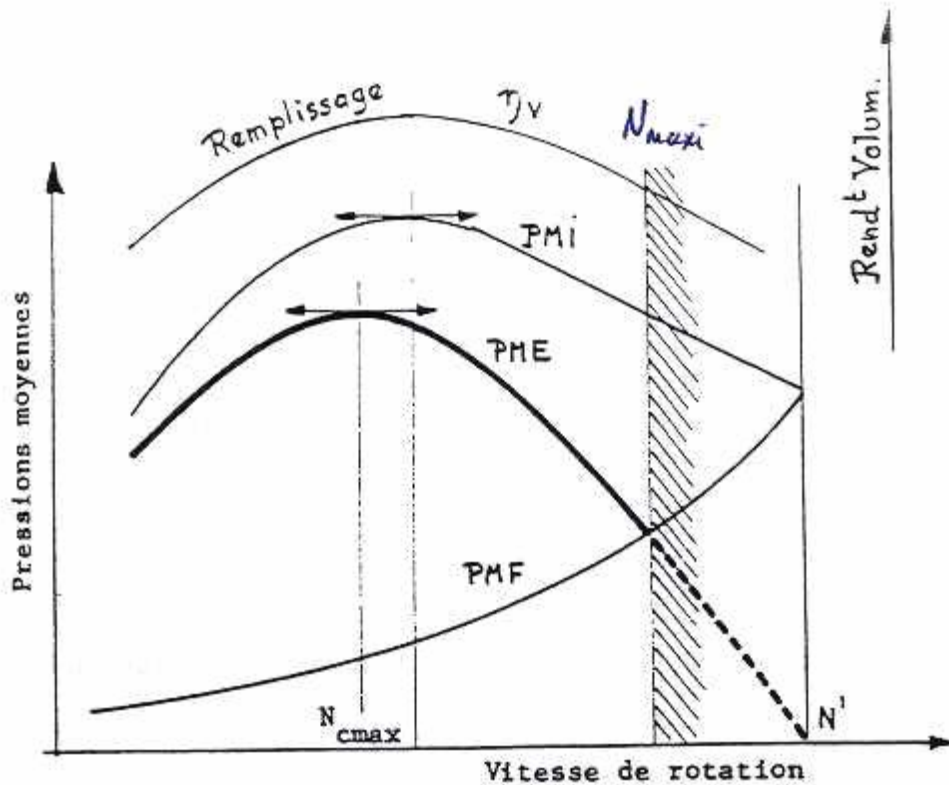
- Curvas de potência $P_{max} = f(N)$

- **à alto regime**, a PME diminui por causa da diminuição do rendimento volumétrico e das perdas por atrito.

Como o aumento das perdas por atrito é mais forte do que a queda de enchimento, a PME vai diminuir mais rapidamente do que a PMI

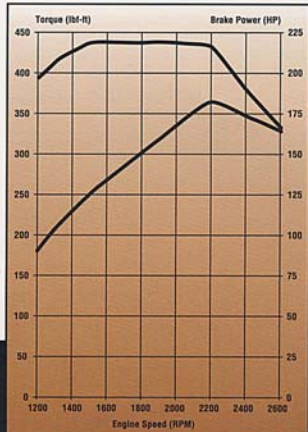
- Características em função do regime

- Curvas de potência $P_{max} = f(N)$

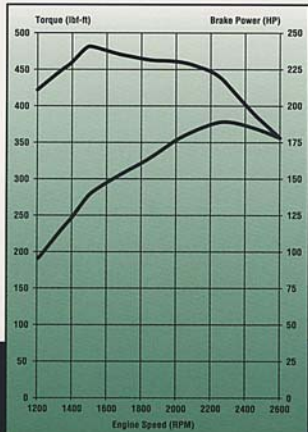


Exemplos de curvas

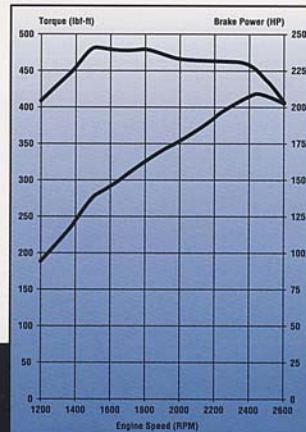
PERFORMANCE CURVES



175 HP**
430 lbf-ft @ 1500 RPM



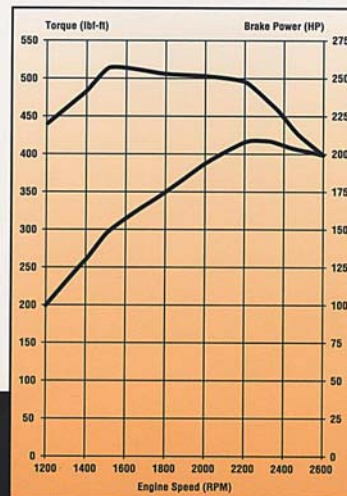
190 HP**
485 lbf-ft @ 1500 RPM



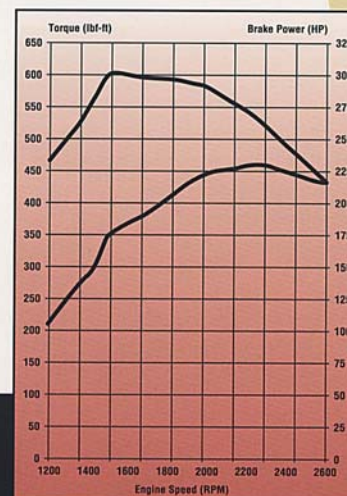
210 HP
485 lbf-ft @ 1500 RPM

Motor DIESEL

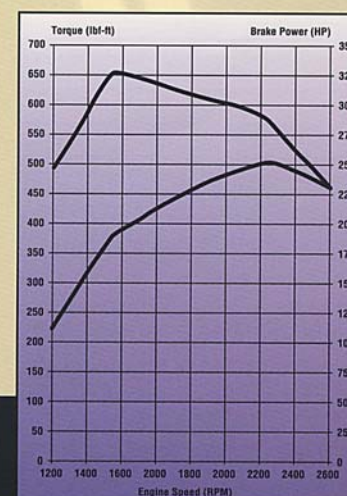
Curva de torque
Geralmente é PLANA



210 HP
520 lbf-ft @ 1500 RPM



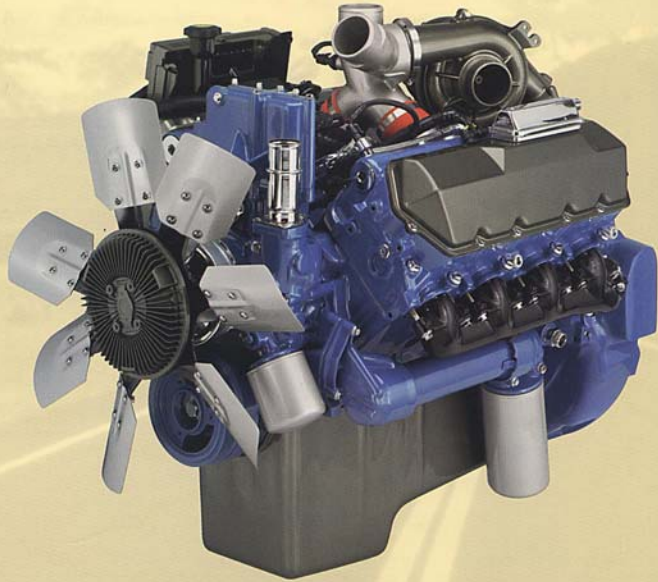
230 HP
605 lbf-ft @ 1500 RPM



250 HP
650 lbf-ft @ 1500 RPM

T 444E

175 - 250 HP @ 2300 RPM

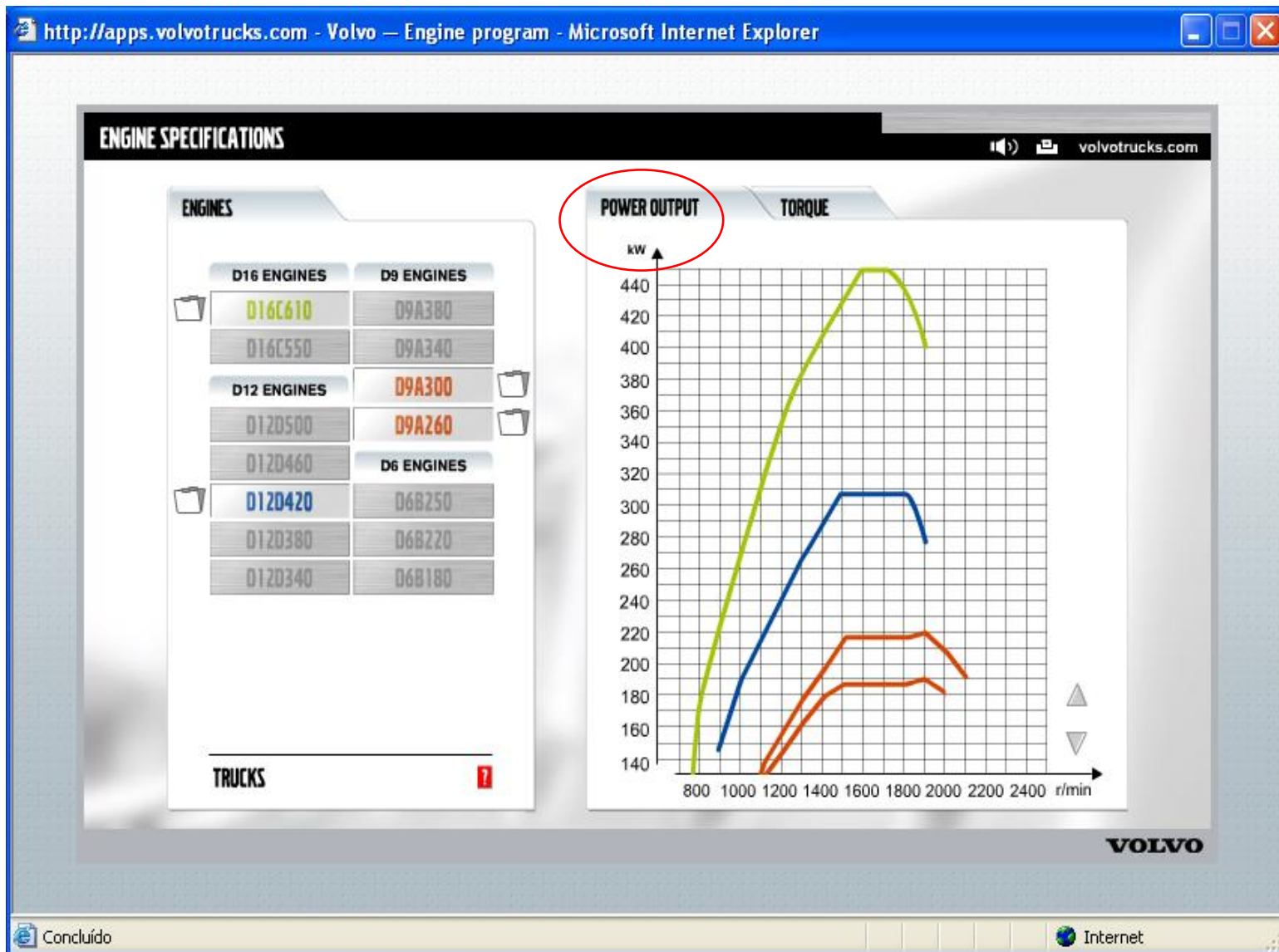


PERFORMANCE DATA

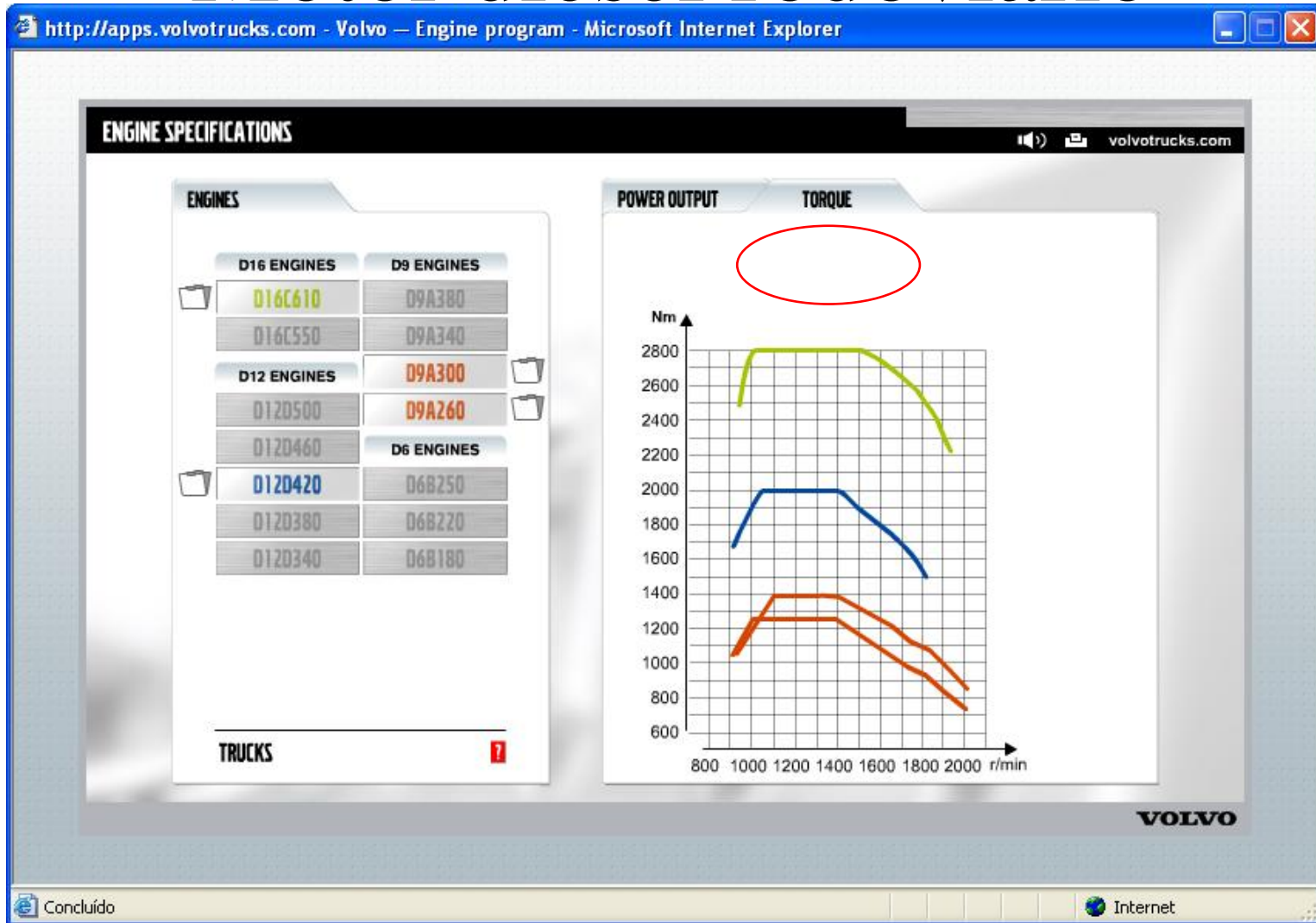
Rated HP	175*	190*	210	210	230	250
Rated RPM	2300	2300	2400	2300	2300	2300
Gov. Spd. RPM	2600	2600	2600	2600	2600	2600
Peak Torque (lbf-ft)	430	485	485	520	605	650
Peak Torque RPM	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Peak HP	180	190	210	210	230	250
Peak HP RPM	2200	2300	2400	2300	2300	2300
Clutch Engagement Torque @ 800 RPM	325	325	315	350	360	365

* Also available in CFFV/LEV

Motor diesel rodoviário

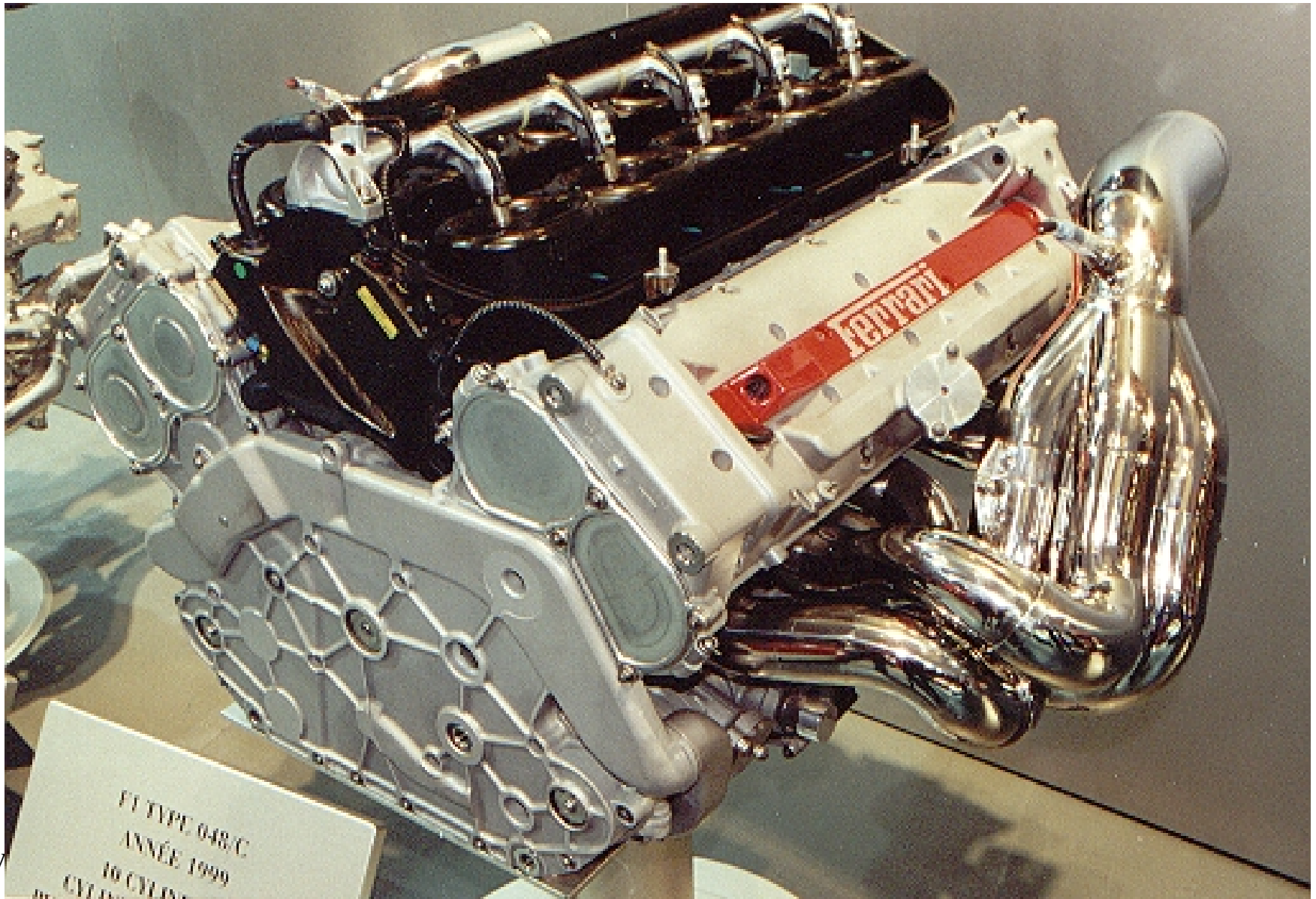


Motor diesel rodoviário



Funcionamento de um motor

E deste aqui, como será?
048C de 1999



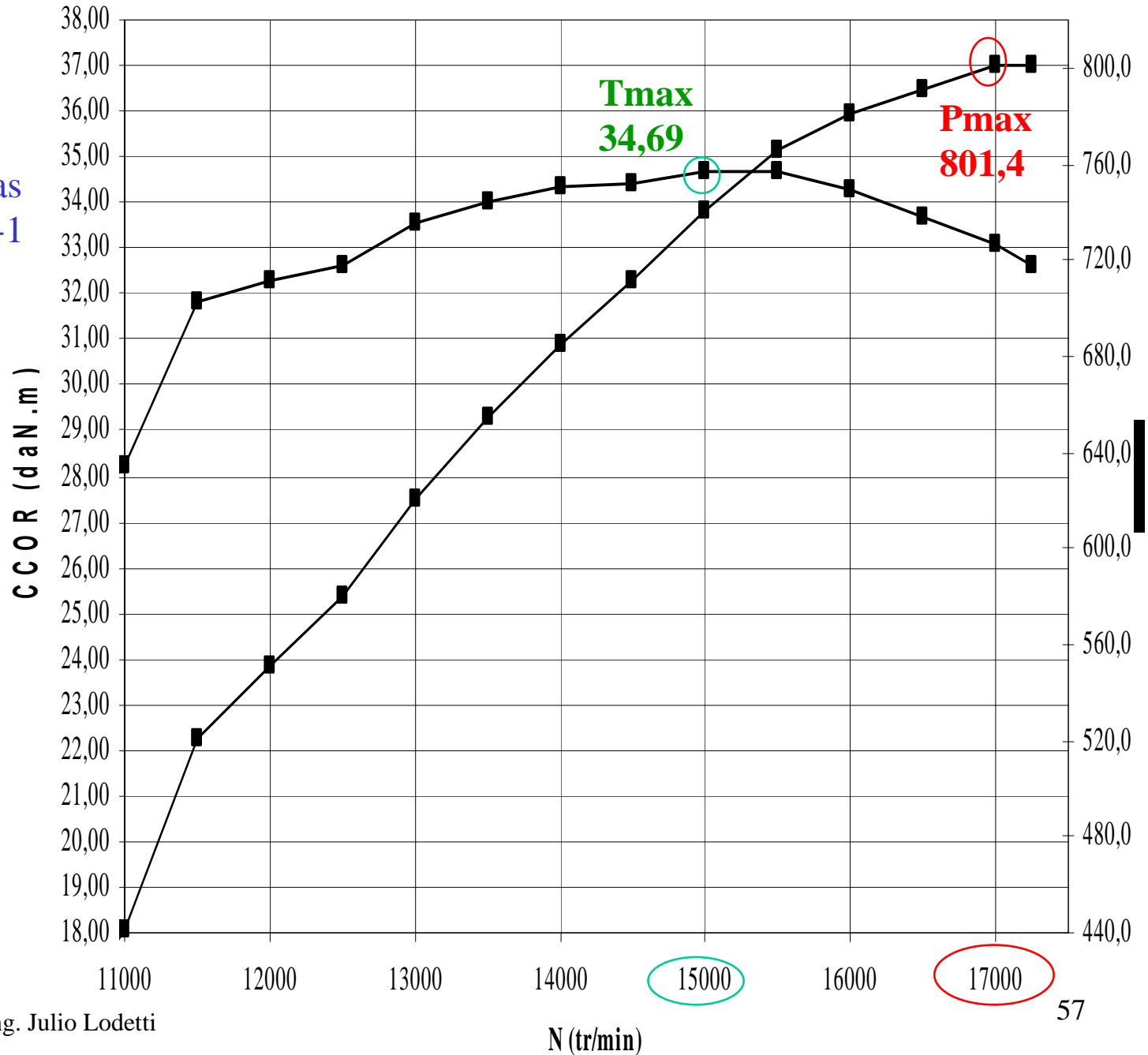
Funcionamento de um motor

Potência e torque corrigidos

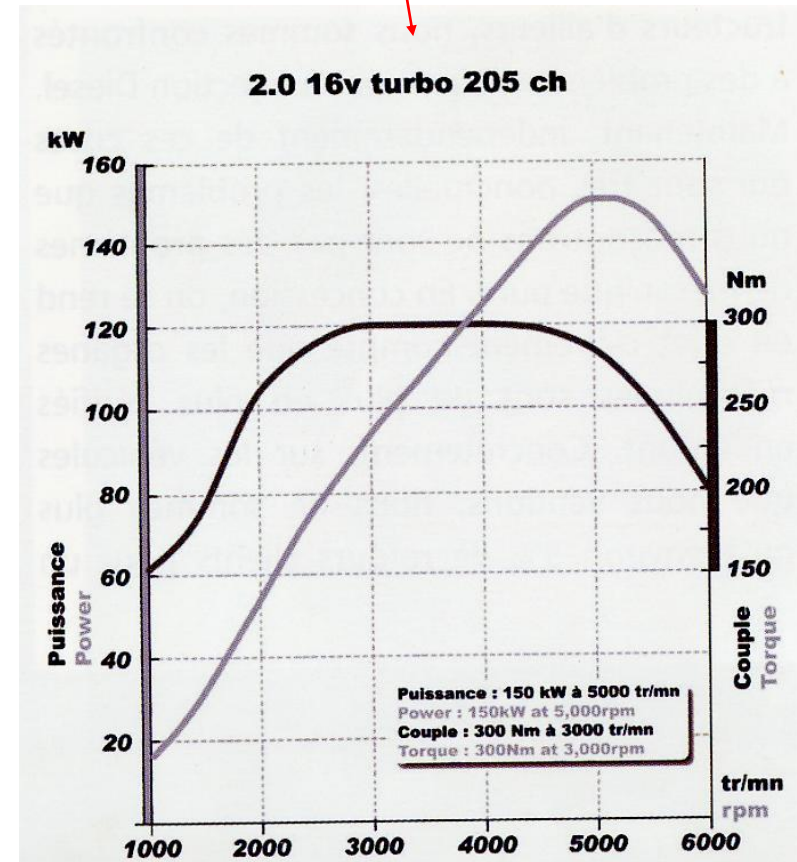
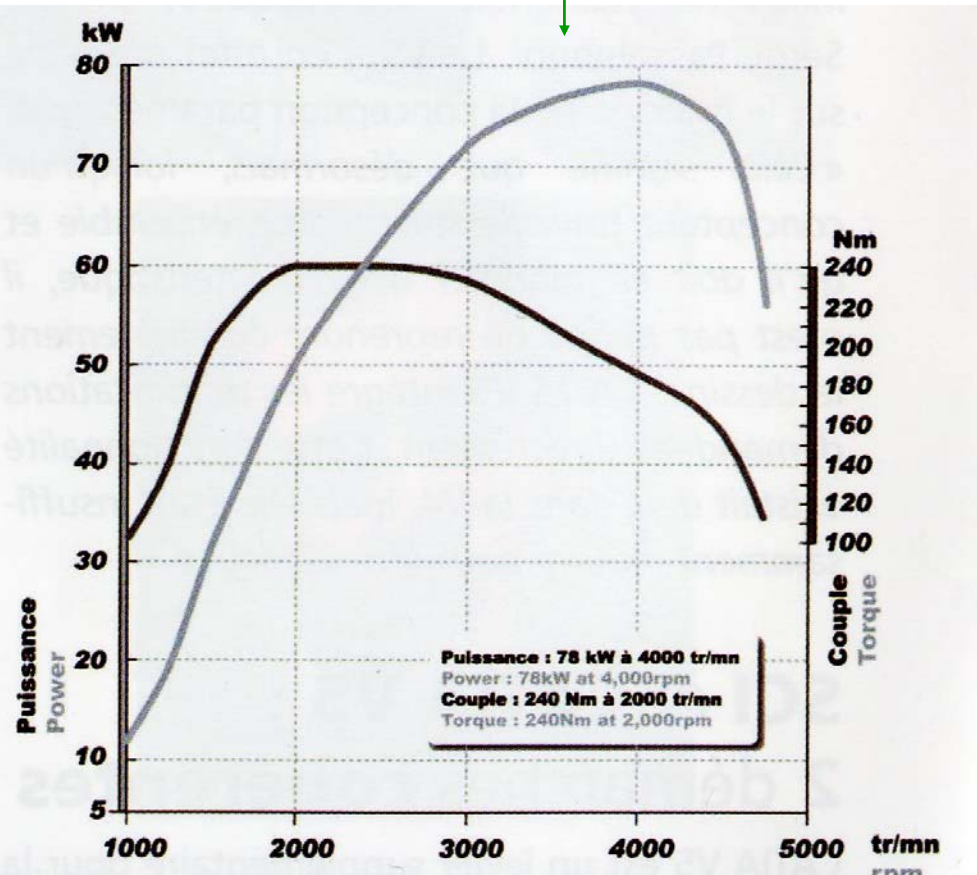
Exemplo de
Curvas de torque
E potência máximas
De um motor de F-1

Config. Motor:

- Ferrari
- V-10
- 3 litros



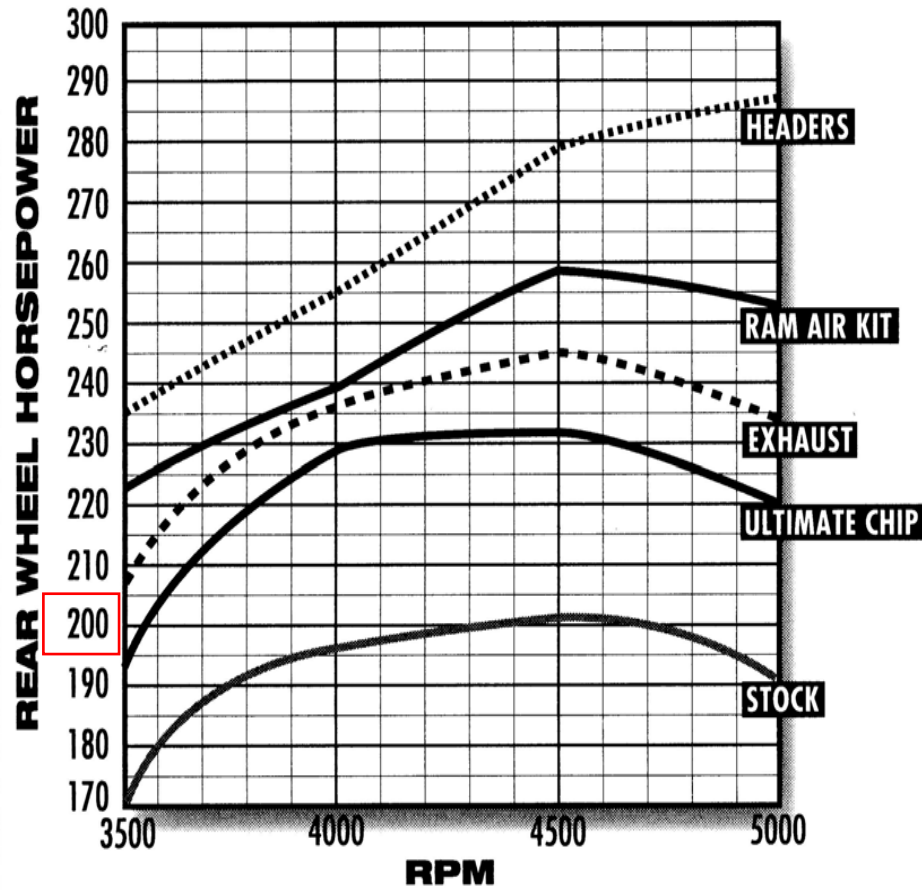
1.9 turbo DIESEL x 2.0 Turbo GASOLINA



Motores turbo modernos = curva de TORQUE plana

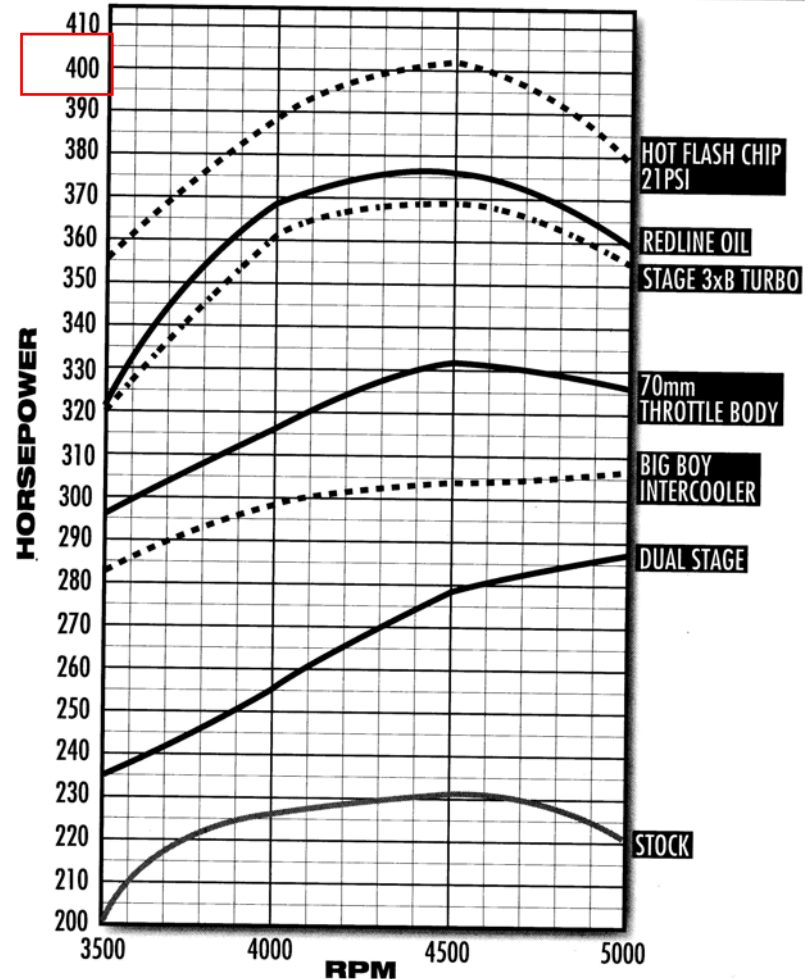
...já um turbo de competição..

FIRST PHASE



ENGINE MASTERS • ANNUAL 1998

SECOND PHASE



- Características em função do regime

- Curvas de CSE = f(N)

O consumo horário Gf de carburante é proporcional a cilindrada, ao rendimento volumétrico, a riqueza de funcionamento e o regime do motor

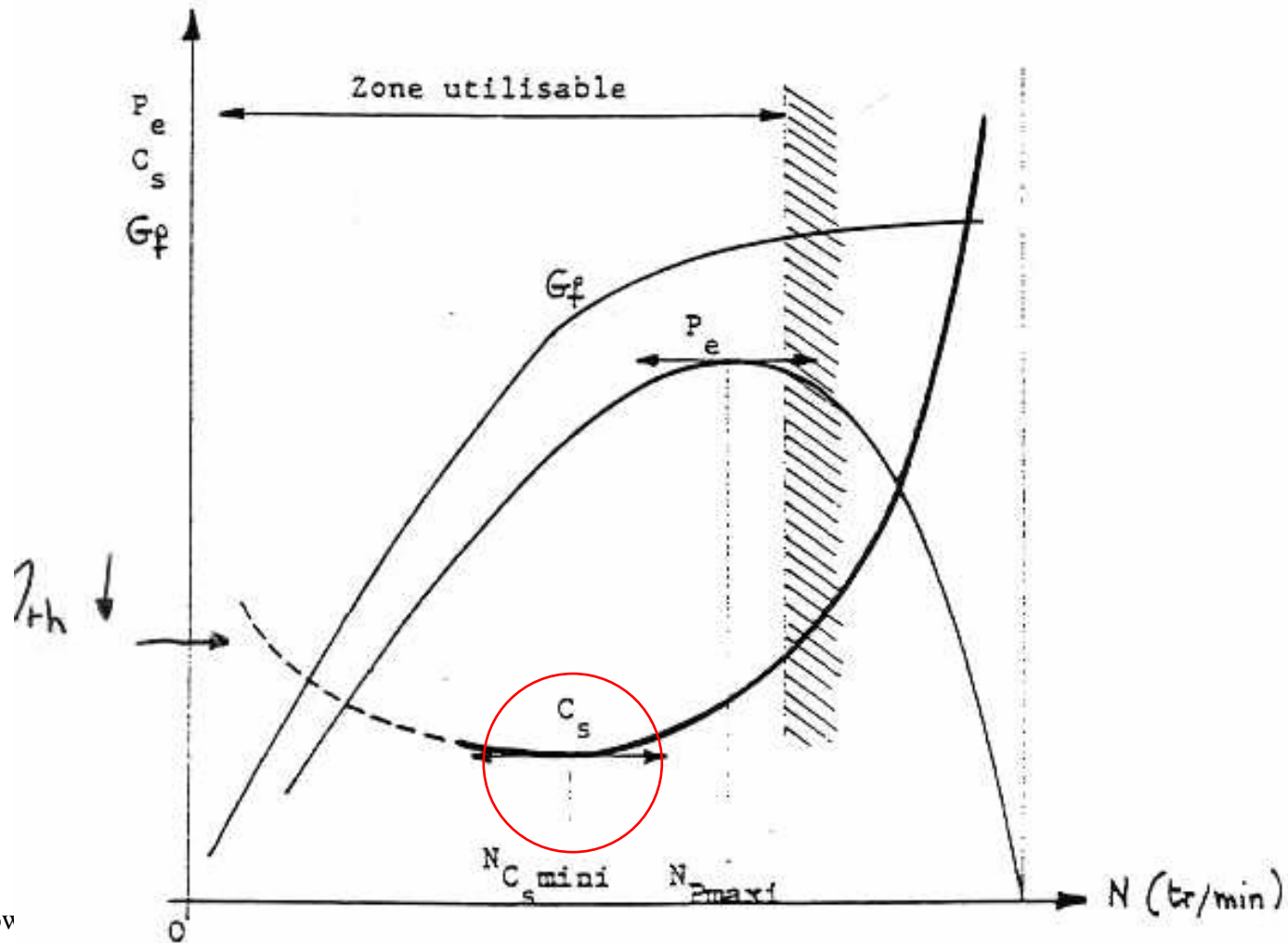
$$Gf = k \cdot \eta_{volumetrico} \cdot V_{cilindro} \cdot N \cdot \Phi$$

$$CSE(g / kW.h) = \frac{Gf (g / h)}{Pe(kW)}$$

A plena carga, a riqueza muda pouco em função do regime.

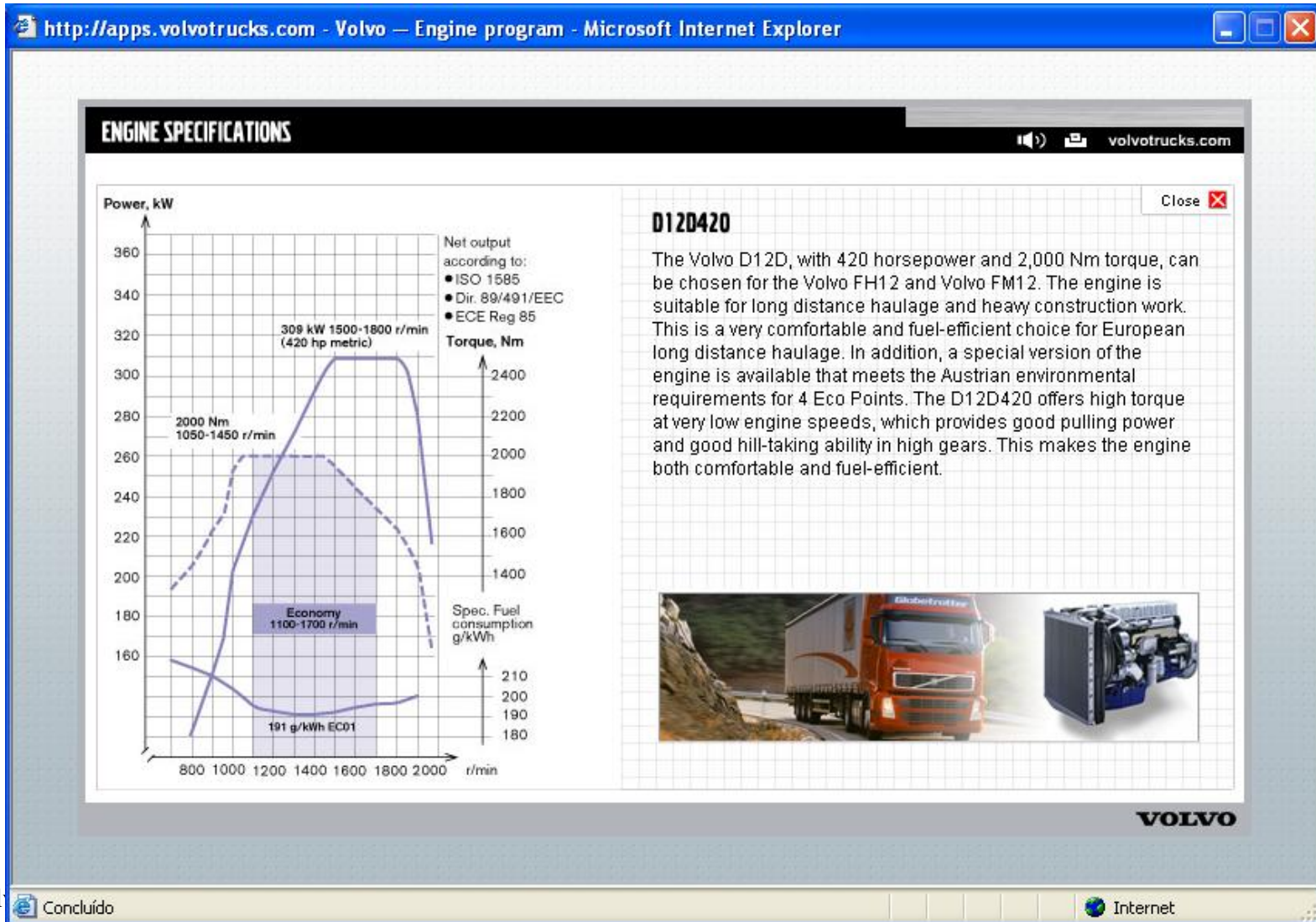
- Características em função do regime

- Curvas de CSE = f(N)



- Características em função do regime

- Curvas de CSE = $f(N)$



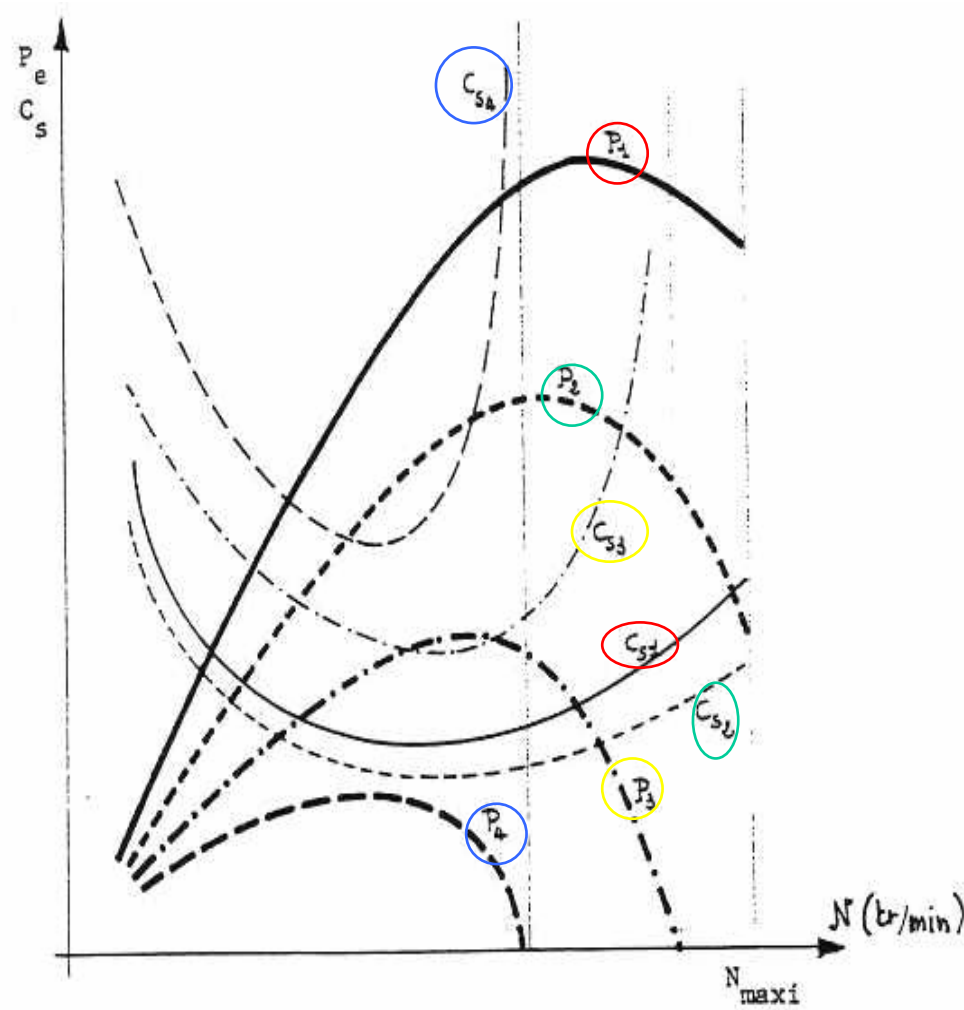
- Características em função do regime

- Características à cargas parciais

Os motores automotivos são sobretudo usados a carga parcial (borboleta não totalmente aberta ou vazão de combustível não ao máximo).

O enchimento diminui tanto mais que a borboleta está fechada, e se a carga está bastante fraca, a P_e pode valer zero antes do regime

Maximo N_{max} .



- **Características em função da carga** : $CSE = f(P)$, $N=cste$

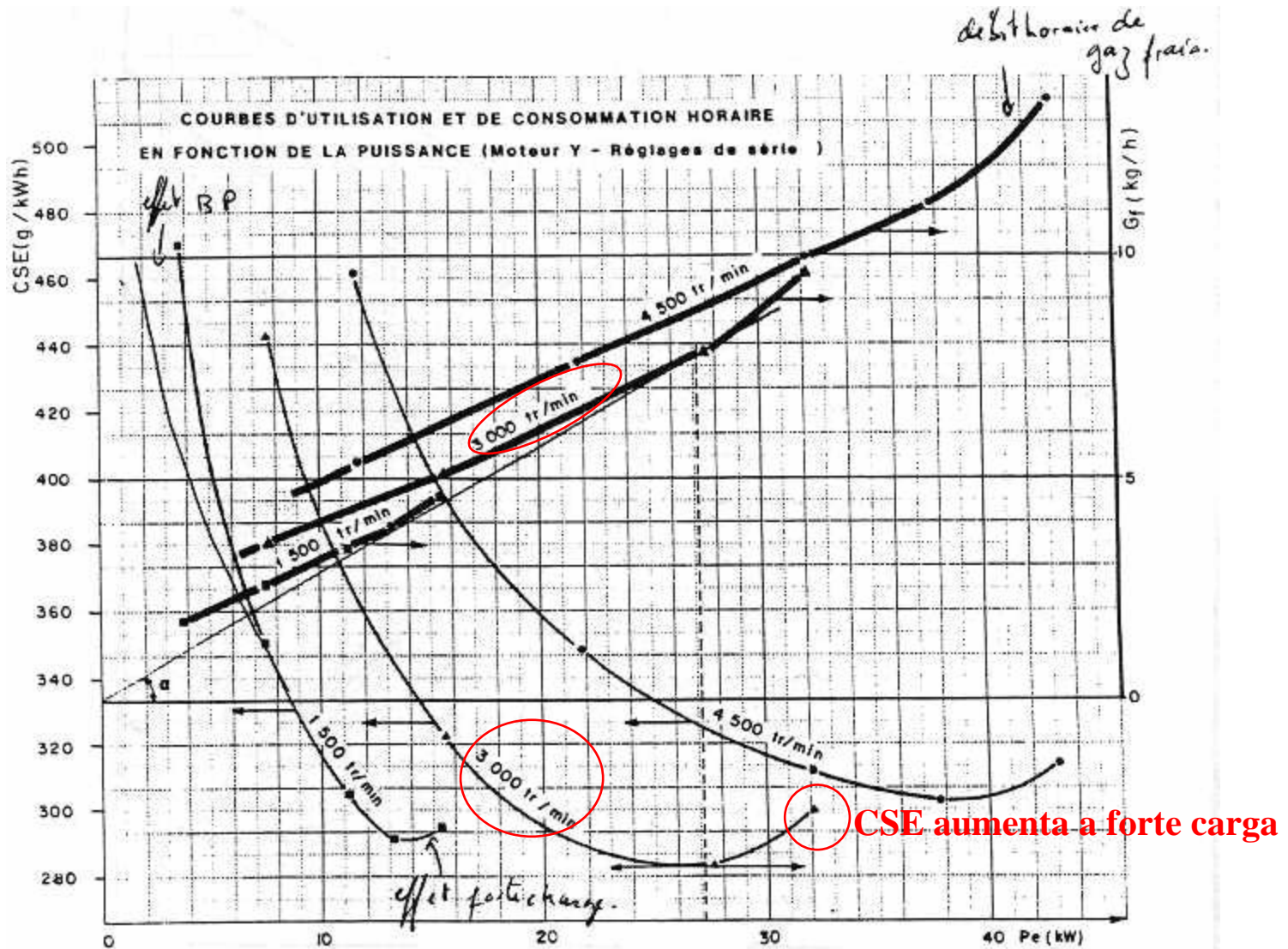
Para ter a mesma $\underline{P_e}$, o CSE aumenta com o regime :

- perdas por atrito maior
- a diminuição do enchimento para ter a mesma $\underline{P_e}$, prejudica o rendimento do ciclo e a combustão (motor à gasolina)

Considerando que o rendimento indicado (combustão*teórico) varia pouco em função da carga, e sabendo que as perdas por atrito $\underline{P_f}$ não dependem da carga, a forma da curva de CSE é uma hipérbole.

$$CSE = CSI \cdot \left(1 + \frac{P_f}{P_e}\right)$$

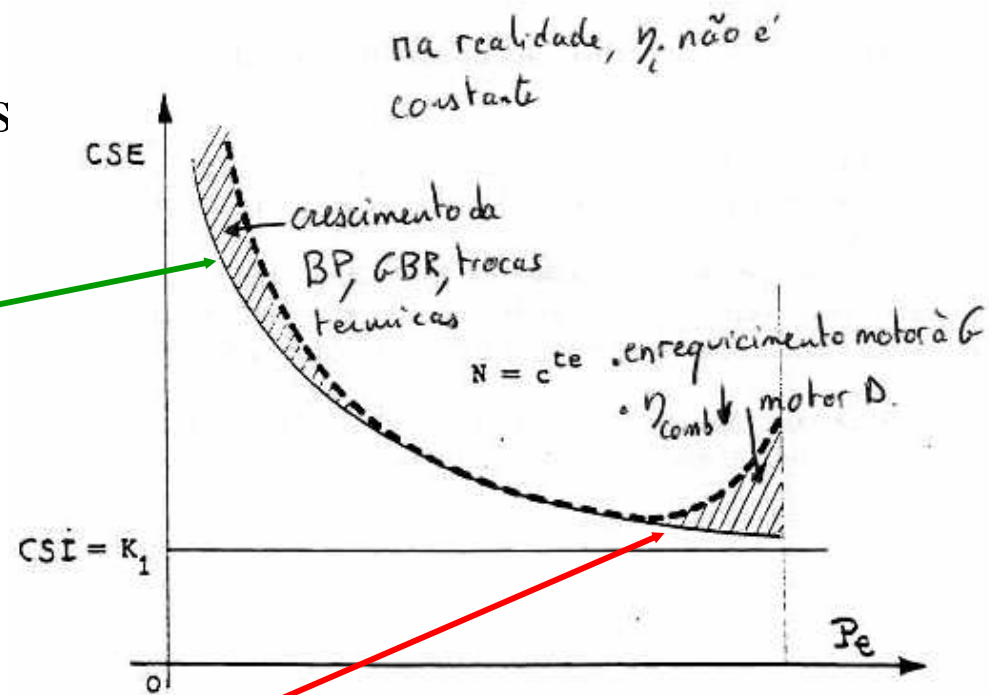
- Características em função da carga : $CSE = f(P)$, $N = cste$



- **Características em função da carga** : $CSE = f(P)$, $N = cste$

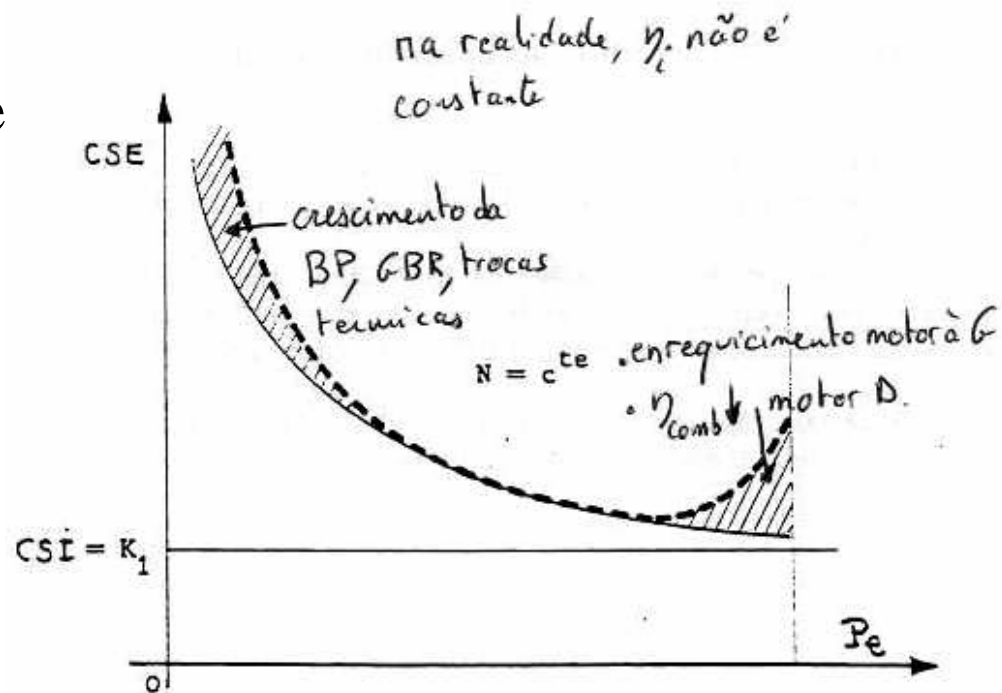
A **baixa carga**, o rendimento do ciclo cai devido ao aumento o ciclo de baixa pressão (PMI_{BP}), aumento dos gases não queimados residuais na câmara e trocas térmicas relativamente mais importantes, vão fazer a CSE umentar.

A **forte carga**, para motores à gasolina, a mistura é geralmente enriquecida para obter-se a máxima potência e diminuição da temperatura na câmara => CSE umenta.



- Características em função da carga : $CSE = f(P)$, $N=cste$

A forte carga, para motores Diesel, o rendimento da combustão geralmente é degradado (combustível em forte quantidade formação de partículas) => CSI aumenta

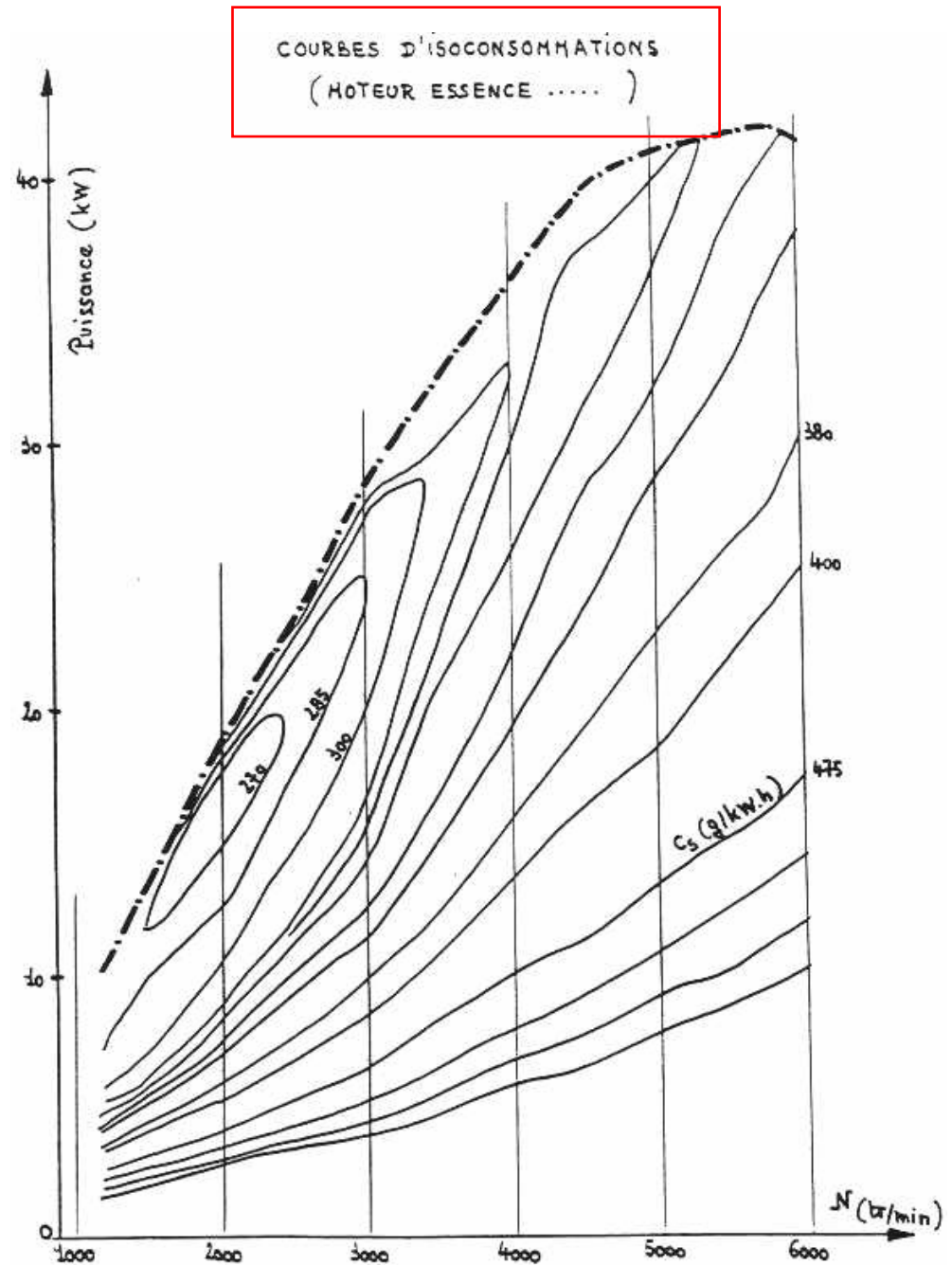


-Curvas de iso-consumo

-Geralmente são curvas P,N ou PME, N ou C,N.

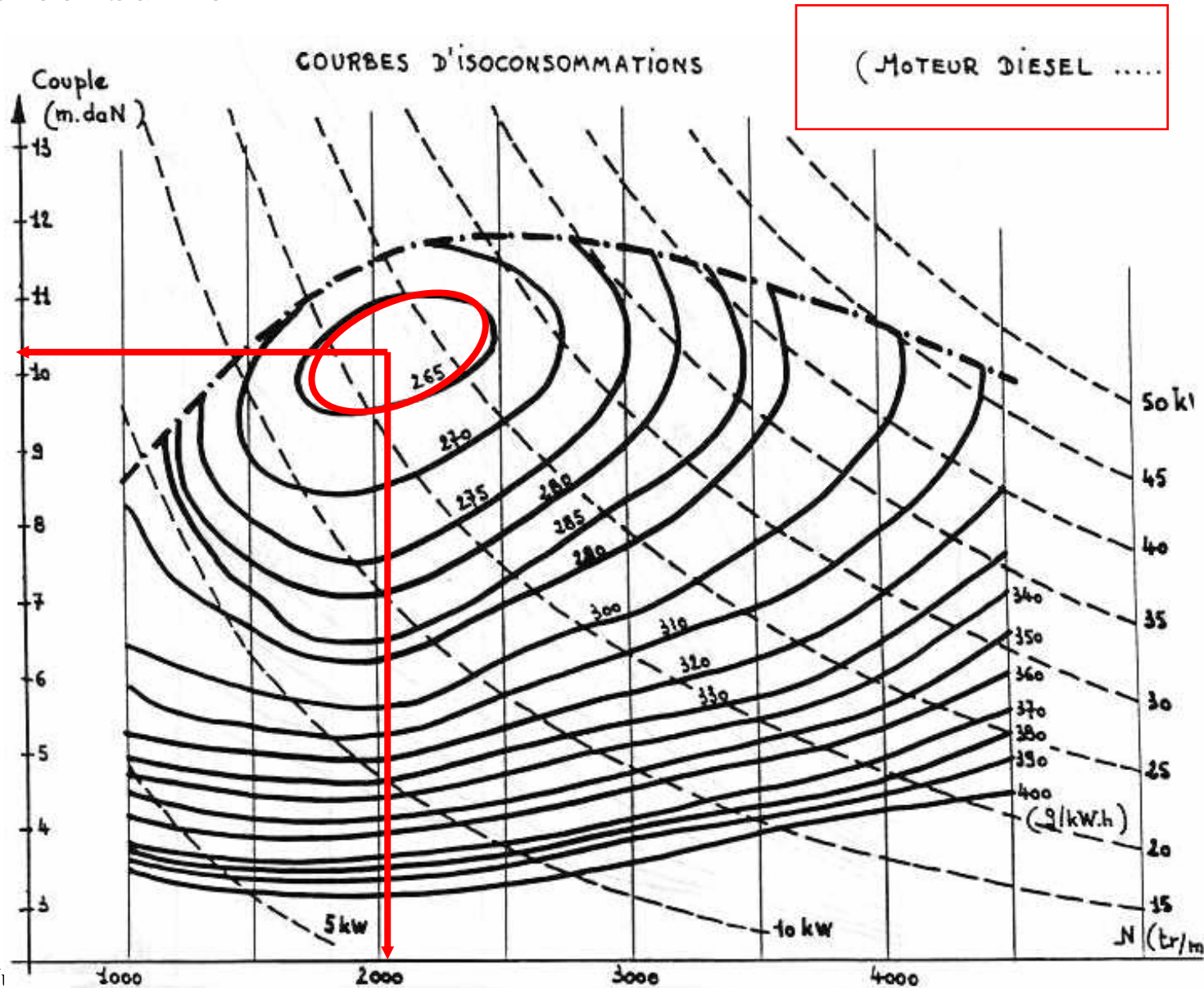
Permite visualizar os pontos de funcionamento para uma mesma CSE.

Estas curvas permitem também observarmos os rendimentos em diferentes zonas de funcionamento motor para melhor adaptá-lo as exigências do veículo.



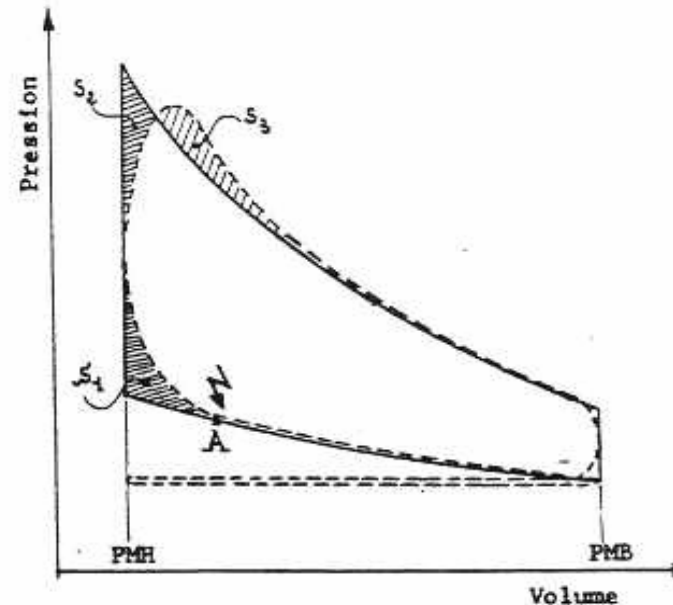
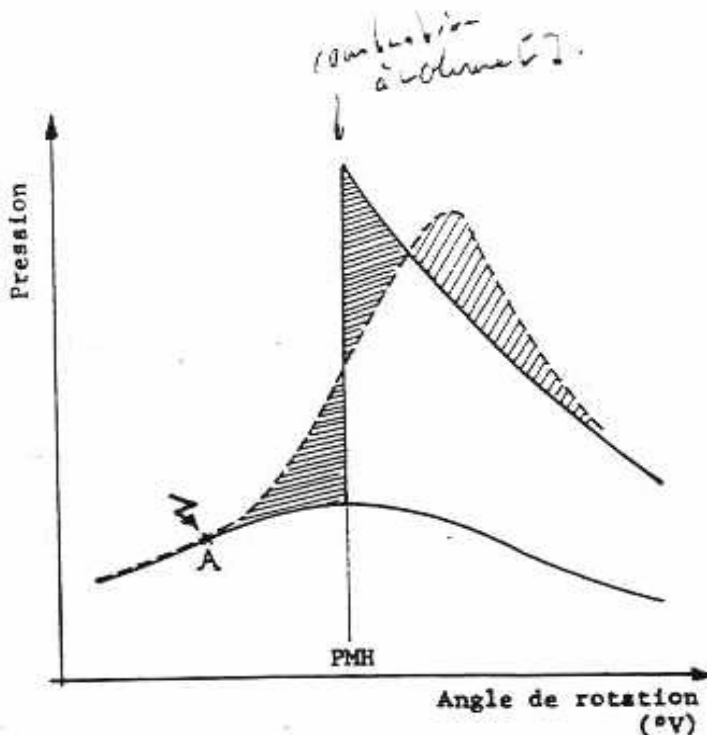
- Curvas de iso-consumo

Permitem visualizar os rendimentos segundo as condições de funcionamento (P,N).



- Influencia dos parâmetros de regulação, uso e concepção motor à Gasolina.

- Avanço de ignição : Existe uma avanço ótimo que permite limitar a diminuição de rendimento devido ao fato que a combustão não é instantânea.
- A velocidade de propagação da chama depende de parâmetros como riqueza, pressão na admissão, turbulência, etc....Um posicionamento adaptado da combustão, centrada na vizinhança do PMH, permite ter os melhores desempenhos.



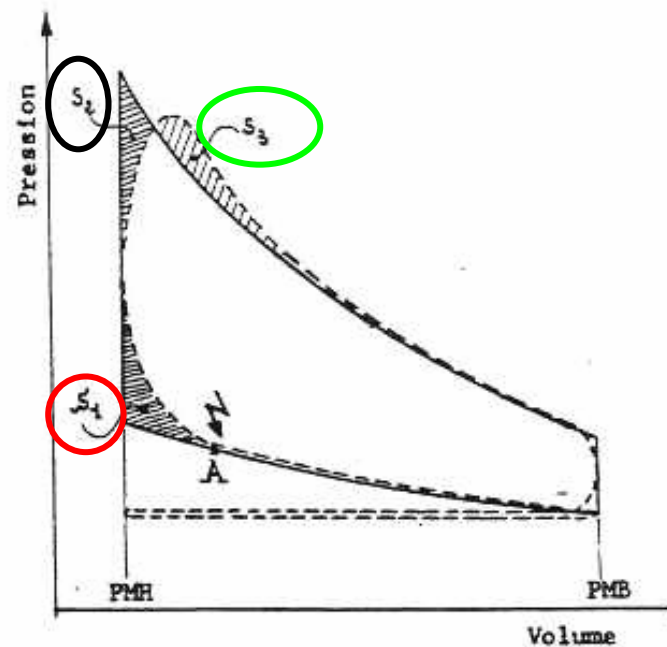
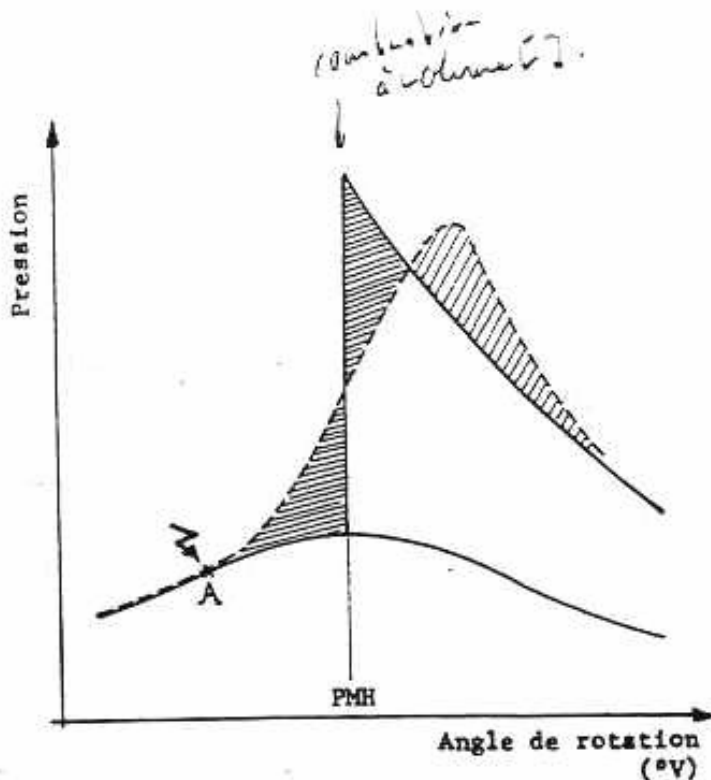
- Influencia dos parâmetros de regulagem, uso e concepção motor à ignição por centelha

- Um posicionamento adaptado da combustão, centrada na vizinhança do PMH, permite então de obtermos melhores desempenhos.
- O avanço é “ótimo” quando $S_1 + S_2 - S_3$ é mínima \Rightarrow potencia indicada máxima.

Na pratica, quais são as

Pressões máximas de combustão de um motor de série?

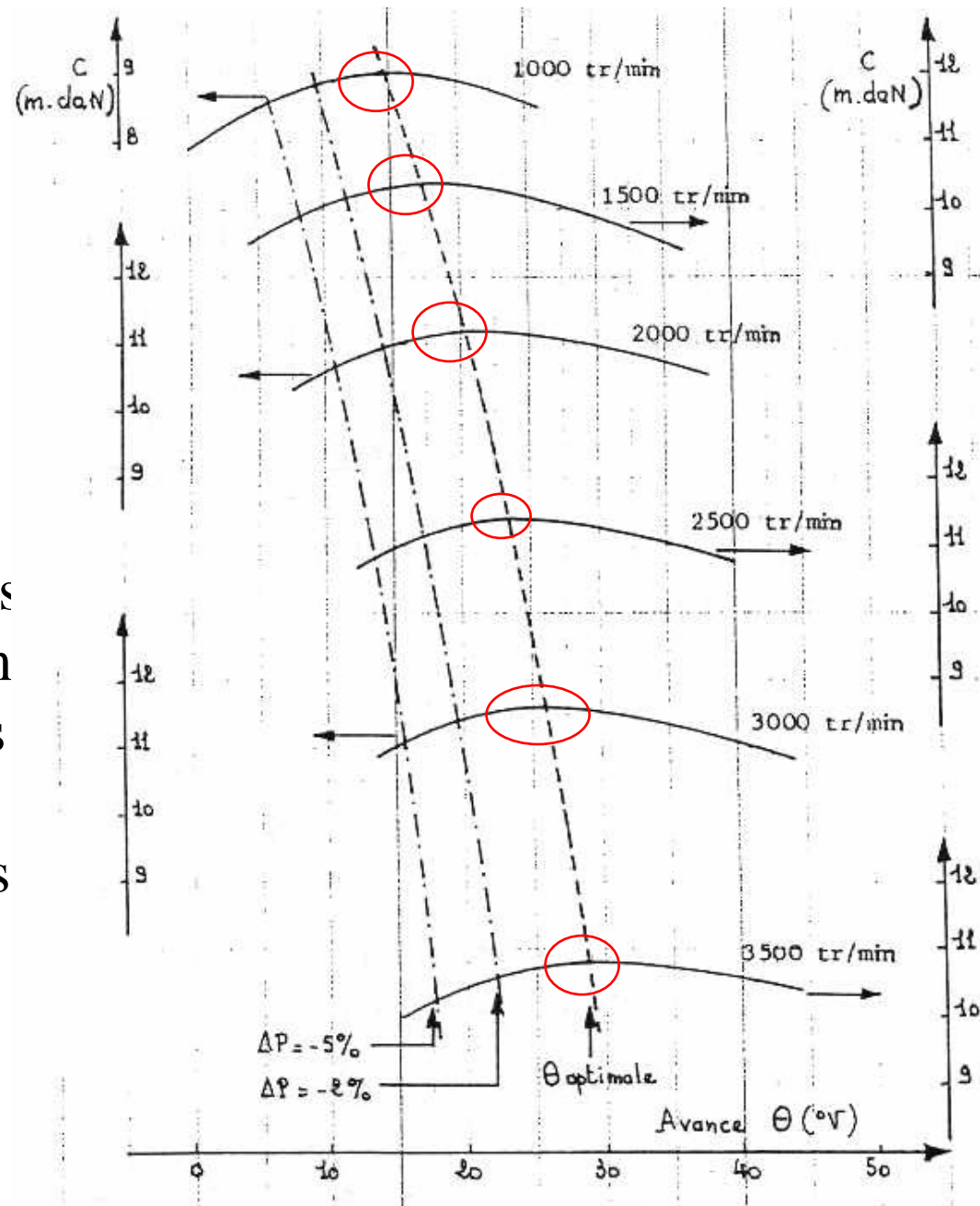
Qual a velocidade média de propagação da chama?



- Influencia dos parâmetros de regulação, uso e concepção motor à G

• Avanço de ignição :

Antes, as variações de avanço eram obtidas com dispositivos centrífugos e à depressão (distribuidor). Hoje os sistemas de ignição eletrônica permitem usar as cartografias eletrônicas do controle do motor que se ajustam a “todas” as condições de funcionamento do motor. (carga, temperatura, combustível, altitude....).



- Influencia dos parâmetros de regulagem, uso e concepção motor à G

• Avanço de ignição :

O avanço deve também ser definido levando em conta as emissões de poluentes e o risco de KNOCK (que aparecem se o combustível, concepção do motor ou avanço de ignição são mais adaptados).

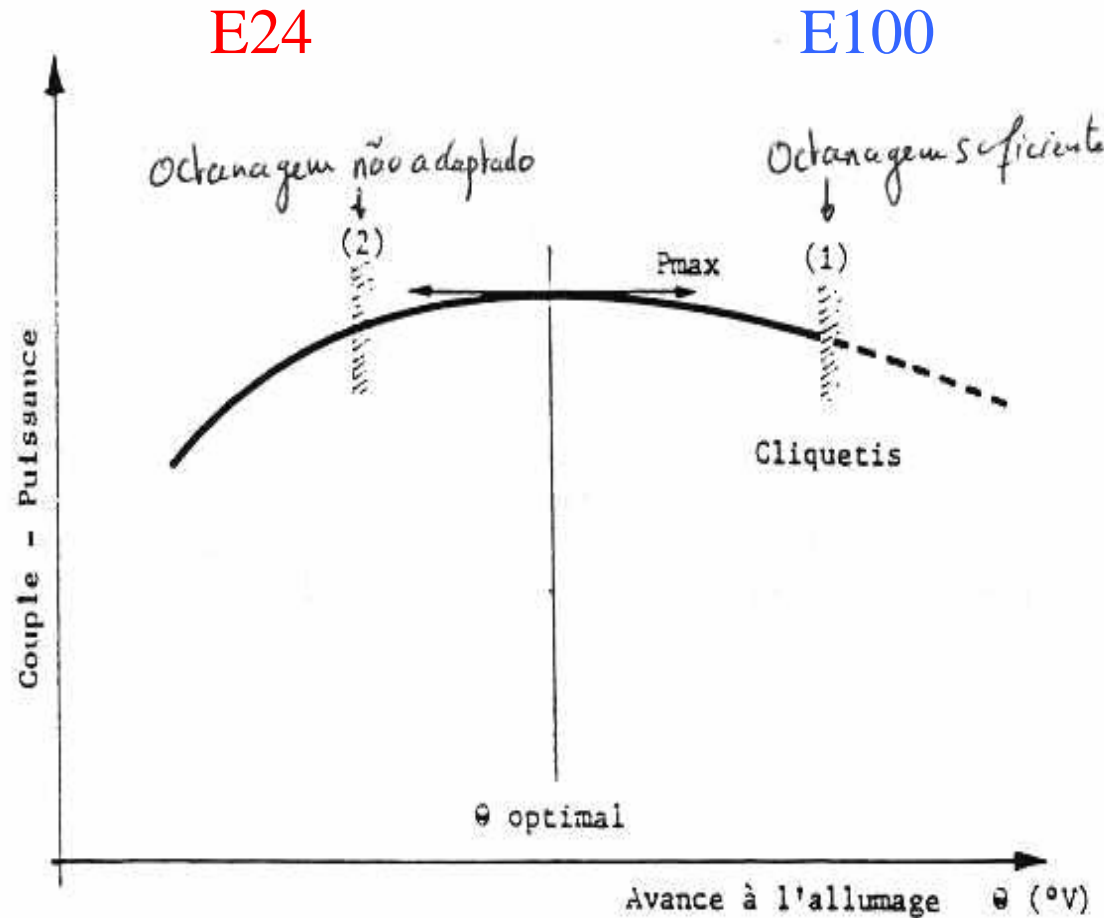


Fig. XI.17. Influence de l'avance à l'allumage sur la puissance effective.

- Influencia dos parâmetros de regulagem, uso e concepção motor à Ignição por centelha

• Influencia da riqueza

A riqueza fica perto de 1, para motores a gasolina, para manter uma velocidade da combustão suficiente e rendimento máximo do catalisador.

Porem é possível mudar um pouco este parâmetro para o regulagem do motor à gasolina.

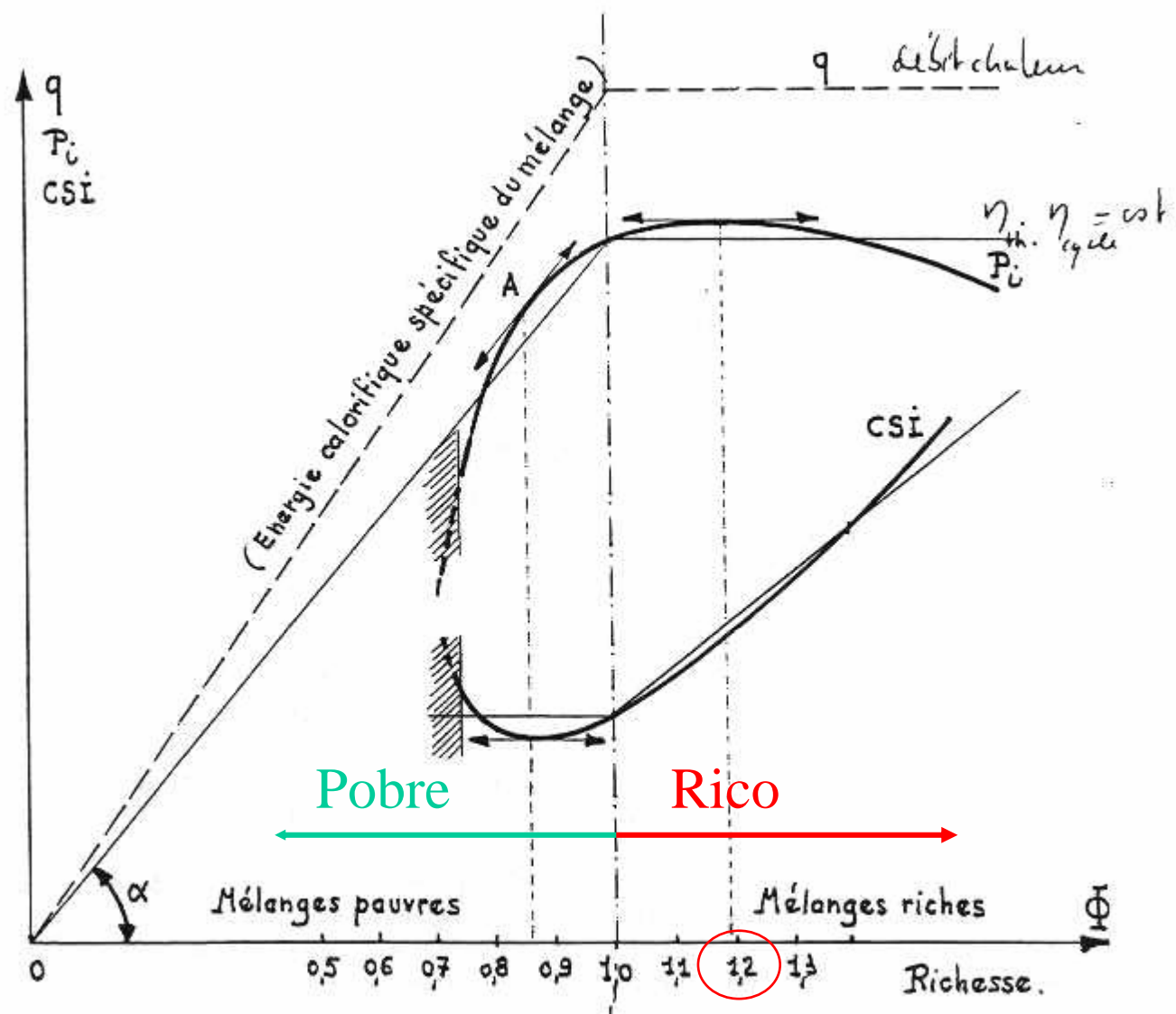
Pi é diretamente ligada a quantidade de combustível introduzido. Por isso, aumenta até $R=1$. Porem o máximo é alcançado por uma mistura rica porque :

- a velocidade de combustão é maior entre 1,0 e 1,3
- a temperatura de combustão, por causa das dissociações, é maior com a mistura um pouco mais rica.
- a expansão molecular também é maior em mistura rica.

- Influencia dos parâmetros de regulagem, uso e concepção motor à Gasolina

- Influencia da riqueza
- Curvas expressas para um rendimento do motor constante, assim como as perdas mecânicas.

Evolution à η_{th} constant.



$$CSI = \frac{G_F}{P_i} = \frac{R \Phi}{P_i} = \frac{R'}{d \rho d}$$

- Influencia dos parâmetros de regulagem, uso e concepção motor à Gasolina

• Influencia da riqueza

Independe do enchimento, a maior potencia é obtida com uma riqueza quase constante de 1,15

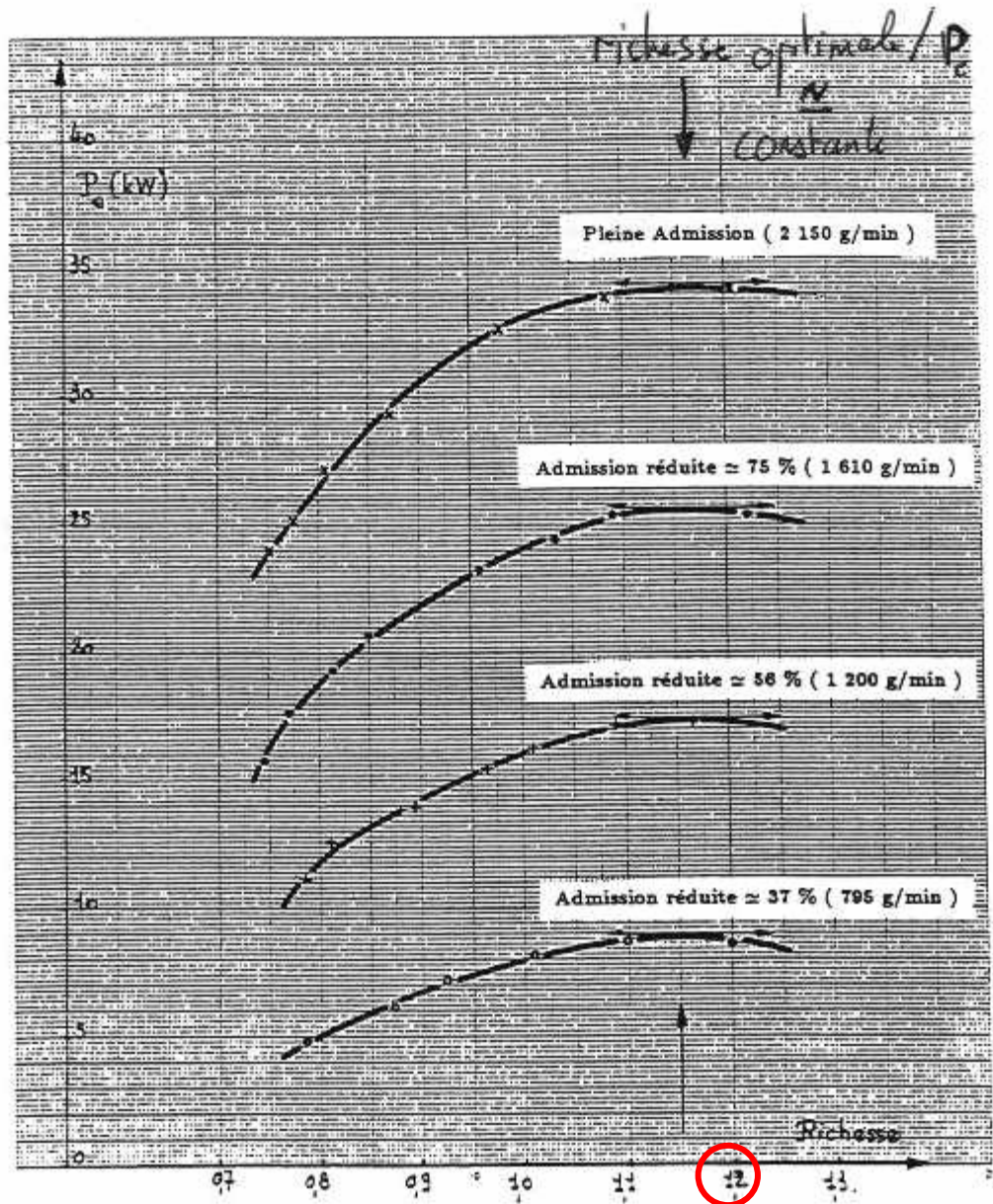


Fig. XI.27. Variations de puissance effective en fonction de la richesse pour différents remplissages. (Moteur Y - N = 3 000 tr/min - Avances optimales)

- Influencia dos parâmetros de regulagem, uso e concepção.

- Influencia da riqueza : O CSI

- rendimento teórico termodinâmico :
aumenta quando a riqueza diminui

- rendimento de combustão diminui com mistura rica (gases não queimados) ou pobre demais (falha de combustão)

- rendimento do ciclo :
depende da velocidade da combustão : máxima com mistura rica

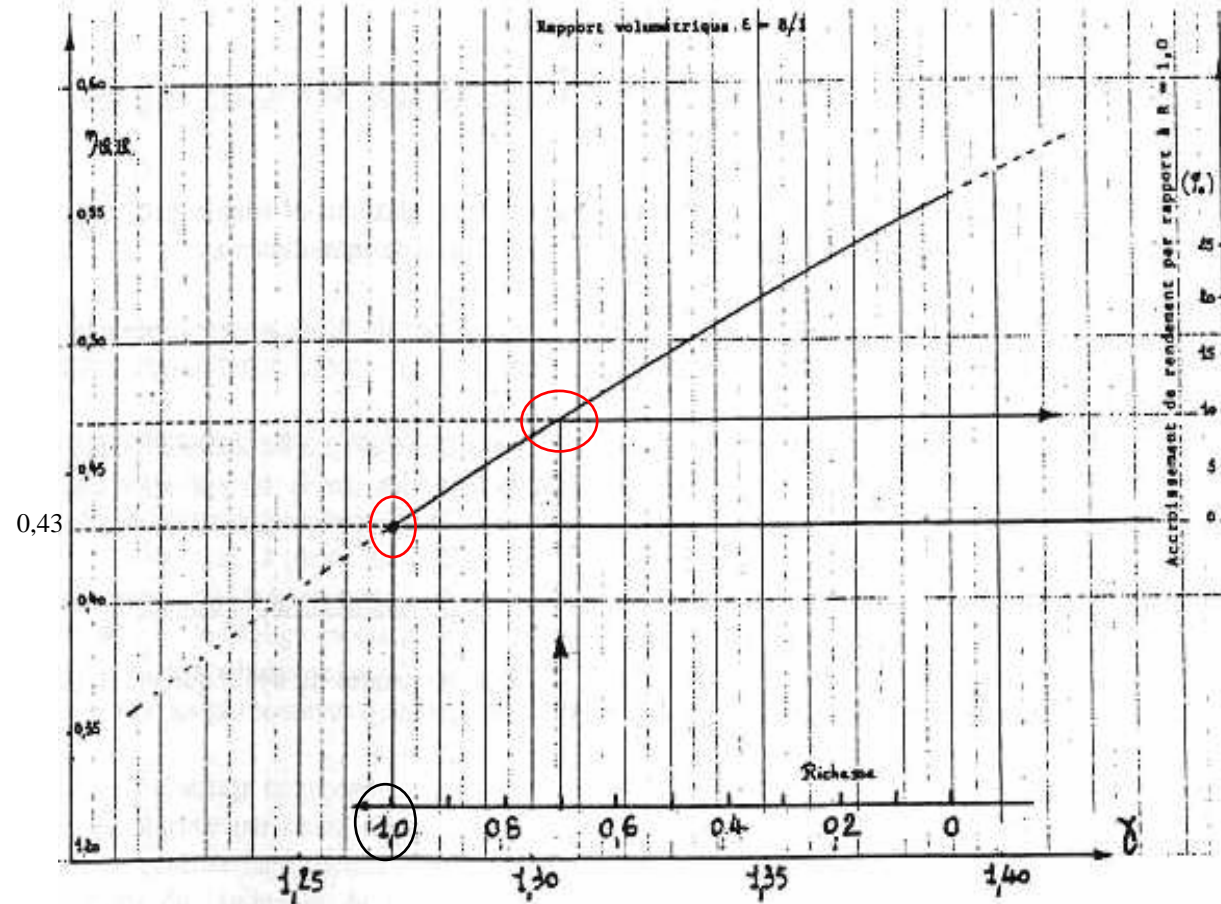


Fig. VIII.4 - Evolution du rendement thermodynamique théorique avec la richesse

- Influencia dos parâmetros de regulação, uso e concepção motor à G

• Influencia da riqueza

A riqueza que permite de se ter a CSE mais baixa, vai diminuindo a medida que o enchimento aumenta.

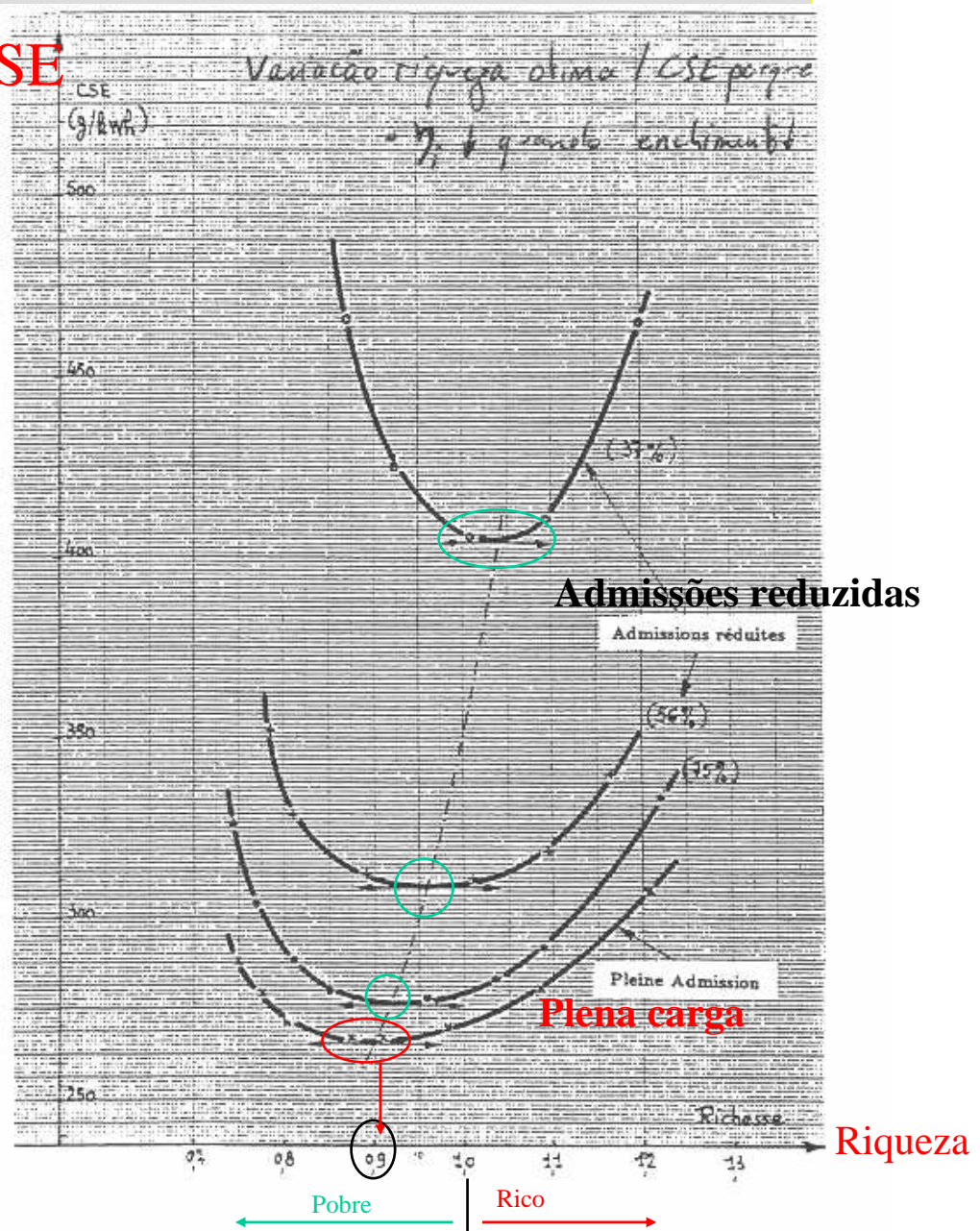
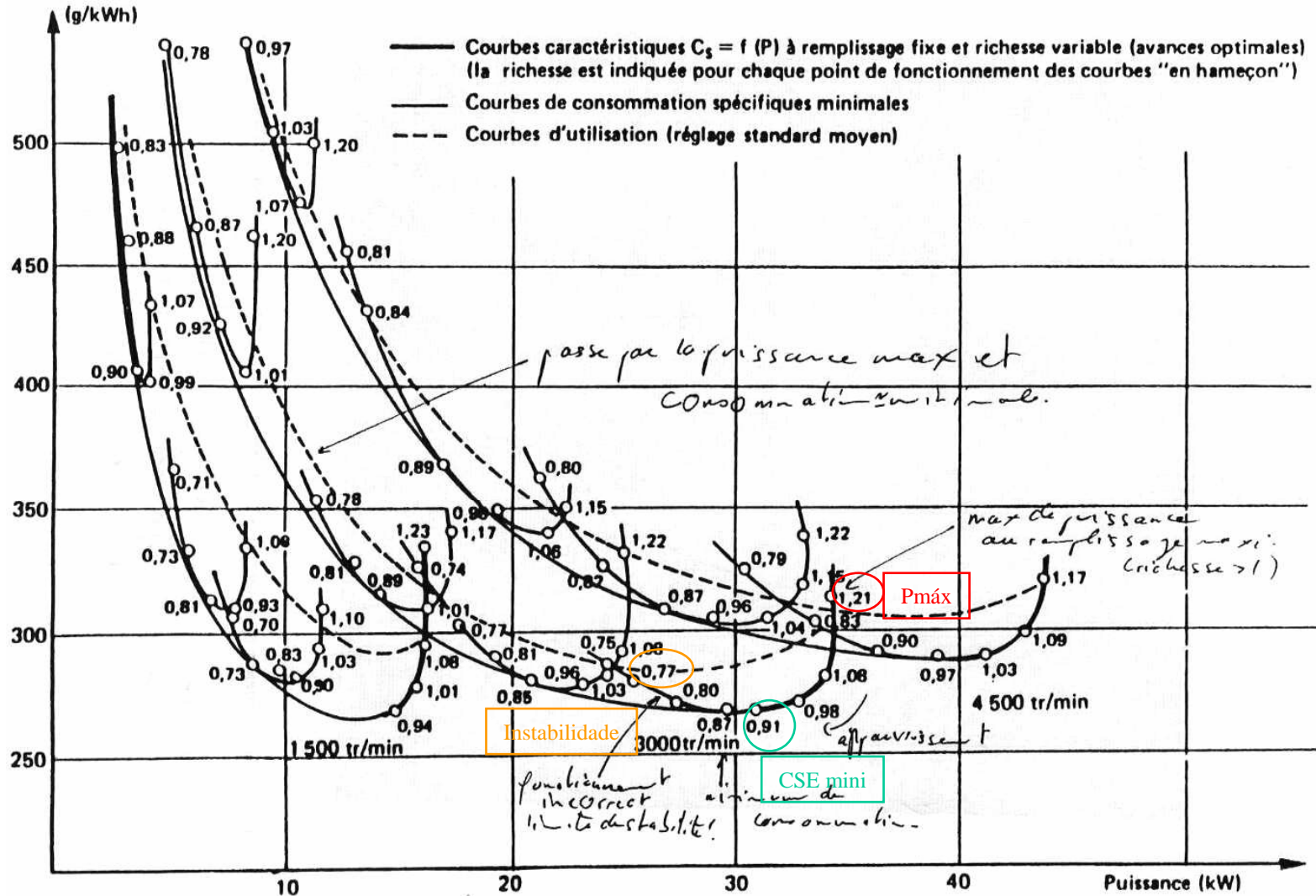


Fig. XI.28. Variations de consommation spécifique effective en fonction de la richesse pour différents remplissages.
 (Moteur Y - N = 3 000 tr/min - Avances optimales)

- Influencia dos parâmetros de regulagem, uso e concepção motor à Gasolina



Influência dos parâmetros de regulação

- No vídeo a seguir, quais foram os 2 principais parâmetros alterados para obter-se tal comportamento do motor?

Influência dos parâmetros de regulagem



Influência dos parâmetros de regulação

- Os 2 principais foram:
 - Avanço da ignição atrasado;
 - Riqueza da mistura aumentada.