Moteur Thermique - grandeurs et unités

Unités S.I. : W, m, kg, s, N

Puissance spécifique

Elle caractérise le niveau de performance d'un moteur thermique par sa puissance rapportée à 1 litre de cylindrée. Elle s'exprime pour le grand public en chevaux/litre de cylindrée.

$$P_{spé} = P_{max}/C_T$$

Pspé = puissance spécifique (ch/L)
Pmax = puissance maxi (ch)
C_T= cylindrée totale (L)
(Unités SI : $W.m^{-3}$⇨peu explicite ici)

Travail demandé :
Afin de comparer des moteurs par niveau de performance, complétez le tableau suivant :

1 Ch ≈ 736 W | 1kW ≈ 1,359 Ch | 1 HP ≈ 1,014 Ch | 1 HP ≈ 745,7 W | 1 Ci ≈ $2,54^3$ cm^3

	Moteur/ usage	P_{maxi}	C_T	$P_{spé}$
1	TU5 (307 Peugeot) année 2000 - essence atmosphérique	110 ch	1587 cm^3	**69,3 ch/L**
2	EP6DT (308 Peugeot) année 2010 - essence suralimenté	**149,9 ch**	1598 cm^3	93,8 ch/L
3	Energy (RENAULT F1) année 2014 - suralimenté	600 ch	1600 cm^3	**375 ch/L**
4	AJK (AUDI A6) - V6 biturbo essence	**169 kw**	2,671 L	86ch/L
5	F50H (moto YAMAHA)-	49.3 HP	996 cm^3	**50,2 ch/L**
6	W 16 quadri turbo (BUGATTI CHIRON) essence	1500 ch	**8.000 cm^3**	187,5 ch/L
7	cargo Tanker 500000T - 12 cyl Diesel 2 T	61000 ch	**7,625 m^3**	8ch/L
8	AZQ (VW POLO) - 3 cyl essence	47 kw	1198 cm^3	**53,3 ch/L**
9	2.5 TDI (VW TOUAREG) - 4 cylindres diesel	128 kw	2460 cm^3	**70,7 ch/L**
10	DUCATI (superbike) - bi cylindres	**157 ch**	955 cm^3	164,39 ch/L
11	YAMAHA F21 - bicylindres	**69,3 ch**	998 cm^3	110,22 ch/L
12	Harley Davidson (superglide) - bicylindres	65 ch	96 Ci	**41,3 ch/L**

Expliciter le calcul littéral, puis numérique pour les moteurs 1, 2, 6 et 12.

Moteur 1 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T = 110 / 1,587 \approx 69,3$ ch.L^{-1}

Moteur 2 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T$ ⇨ $P_{max} = P_{spé} . C_T = 93,8 . 1,598 \approx 149,9$ Ch

Moteur 3 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T = 600 / 1,6 \approx 375$ ch.L^{-1}

Moteur 4 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T$ ⇨ $P_{max} = P_{spé} . C_T = 86 . 2,671 \approx 229,7$ Ch ≈ 229,7 . 0,736 kW ≈ 169 kW

Moteur 5 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T \approx 49,3 . 1,014 / 0,996 \approx 50,2$ ch.L^{-1}

Moteur 6 :
$C_T = P_{max}/ P_{spé} = 1500 / 187,5 \approx 8$ litres ! ≈ 8.000 cm^3

Moteur 7 :
$C_T = P_{max}/ P_{spé} = 61.000 / 8 \approx 7.625$ litres !!!

Moteur 8 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T \approx (47 / 0,736) / 1,198 \approx 53,3$ ch.L^{-1}

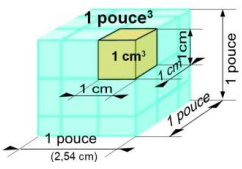
Moteur 9 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T \approx (128 . 1,359) / 2,460 \approx 70,7$ ch.L^{-1}

Moteur 10 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T$ ⇨ $P_{max} = P_{spé} . C_T = 164,39 . 0,955 \approx 157$ Ch

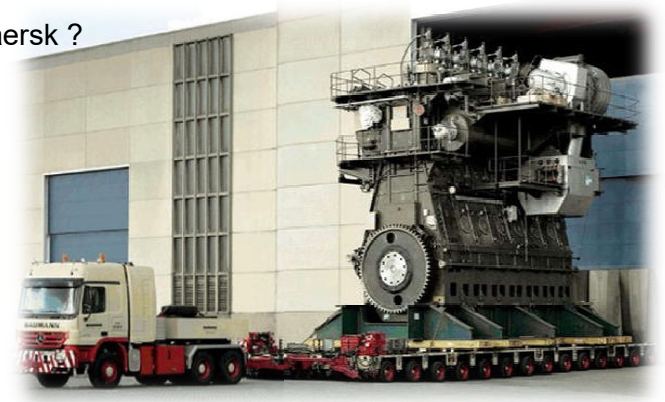
Moteur 11 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T$ ⇨ $P_{max} = P_{spé} . C_T = 110,22 . 0,998 \approx 69,3$ Ch

Moteur 12 :
$P_{spé} = P_{max}/C_T \approx 65 / (96 . 2,54^3 . 10^3) \approx 41,3$ ch.L^{-1}

avec 1 Ci = 1 $inch^3$ = $(2,54\ cm)^3$ = $2,54^3$ cm^3 ≈ 16,39 cm^3



Puissance spécifique du moteur de cargo tanker Emma Maersk ?

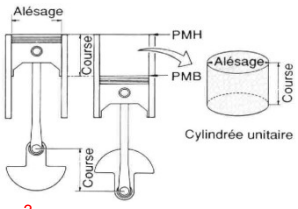


moteur Diesel -14 cylindres en ligne:

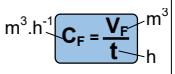
- Puissance maxi : 84,42 MW
- Couple : 7.600.000 Nm à 102 tr.mn^{-1}
- Alésage : 960 mm
- Course : 2500 mm
- Consommation : 272 l.mn-1

Déterminer :

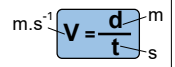
- La cylindrée unitaire C_U et totale C_T, en litres et en m^3
  $C_U = \pi.R^2.c = \pi.480^2.2500 \approx 1.809.557.368$ mm^3 $\approx 1.809.557$ cm^3 ≈ 1.809 litres
  $C_T = n \,.\, C_U \approx 14 \,.\, 1.809 \approx 25.333$ litres $\approx 25,3$ m^3



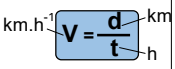
- Le volume de fuel V_F en litres et en m^3 sur un trajet de 7 jours si C_F = 272 l.mn^{-1}.
  $C_F = V_F/t$ avec C_F : consommation en l.h^{-1} , V_F : en litres et t : en heures
  $C_F = 272 \,.\, 60 = 16.320$ l.h^{-1} = 391.680 l.jour^{-1} soit 2.741.760 litres en 7 jours soit : 2.741 m^3



- La distance parcourue d en 8 semaines à vitesse V constante (trajet moyen Asie-Europe):
  $V = d/t \Rightarrow d = V \,.\, t$ soit en 7 jours : $V = 38 \,.\, (24 \,.\, 7 \,.\, 8) = 51.072$ km



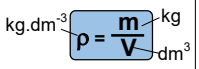
- Le temps de parcours t pour 100 km à vitesse constante V = 38 km.h^{-1}
  $V = d/t \Rightarrow t = d/V = 100/38 \approx 2,63$ h $\approx$ 2h38mn



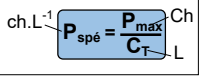
- La consommation de fuel C_{FL} en litres aux 100 km :
  $C_F = 16.320$ l.h^{-1} donc sur 100 km en 2,63 h, $C_{FL} \approx 16.320 \,.\, 2,63 \approx 42.947$ litres/100km !!!

- Le nombre total n_{auto} de voitures standards (6 l/100) qui consomment autant ?
  $C_{FLcargo} = C_{FLauto} \,.\, n_{auto} \Rightarrow n_{auto} = C_{FLcargo} / C_{FLauto} \approx 42.947/6 \approx 7.157$ voitures

- La masse de fuel m_F stockée dans les réservoirs du cargo si la masse volumique du fuel est η_F = 1,05 kg.dm^{-3} ?
  $\rho_F = m_F/V_F \Rightarrow m_F = V_F \,.\, \rho_F \approx (2.741.760 * 8) \,.\, 1,05 \approx 23.030.784$ kg ≈ 23.030 Tonnes de carburant



- La puissance spécifique :
  $P_{spé} = P_{max}/C_T$ avec P_{max} = 84.420 KW = 84.420 / 0,736 Ch $\approx$ 114.701 Ch
  $P_{spé} \approx 114.701 / 25.333 \approx 4,53$ ch.L^{-1}



Puissance massique

Elle caractérise le niveau de performance d'un véhicule par sa puissance rapportée à sa masse. Elle s'exprime en W.kg^{-1} ou en ch.T^{-1}.

$P_{mas} = P_{max}/m_{véh}$

Pmas = puissance massique (W/kg)
Pmax = puissance maxi (W)
$m_{véh}$= masse du véhicule(kg)

Travail demandé : Afin de comparer des véhicules par niveau de performance, déterminer P_{mas} :

Pour une Renault Twingo : masse 820 kg, puissance maxi 60 ch
$P_{mas} = P_{max}/m_{véh} = 60 \,.\, 736 / 820 \approx 53,8$ W.kg^{-1}

$P_{mas} = P_{max}/m_{véh} = 60 / 0,820 \approx 73,1$ ch.T^{-1}

Pour une Bugatti Veyron 16.4 : masse 1888 kg, puissance maxi 1001 ch
$P_{mas} = P_{max}/m_{véh} = 1001 \,.\, 736 / 1888 \approx 390,2$ W.kg^{-1}

$P_{mas} = P_{max}/m_{véh} = 1001 / 1,888 \approx 530,2$ ch.T^{-1}

Pour le cargo Tanker Emma Maersk : masse 2,2.10^5 T, puissance maxi 84,42 MW
$P_{mas} = P_{max}/m_{véh} = 84,42.10^6 / 2,2.10^8 \approx 0,38$ W.kg^{-1}

$P_{mas} = P_{max}/m_{véh} = 114.701 / 2,2.10^5 \approx 0,52$ ch.T^{-1}

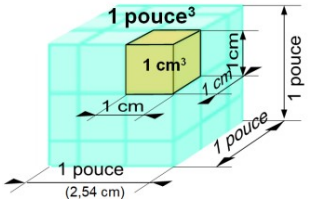
Remarque 1 :Équivalences et changements d'unités

- 1 Ch ≈ 735,5w
- 1 KW ≈ 1,36 ch

- 1L = 1 dm^3 = 1000 cm^3
- 1mL = 1 cm^3
- 1.587 cm^3 = 1,587 dm^3
- 996 cm^3 = 0,996 dm^3
  = 996.000 mm^3

		kL	hL	daL	L	dL	cL	mL			
m^3			dm^3			cm^3			mm^3		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
					1,	5	8	7			
					0,	9	9	6	0	0	0

- 1 Ci= 1 cubic inch = 1 $pouce^3$
- 1 pouce = 2.54cm
- 1 CI= 2.54^3 cm^3 ≈ 16,39 cm^3



Remarque 2 :

- La puissance spécifique est un indicateur du niveau de contraintes thermiques et mécaniques subies par le moteur (donc de sa durabilité)

Remarque 3 :

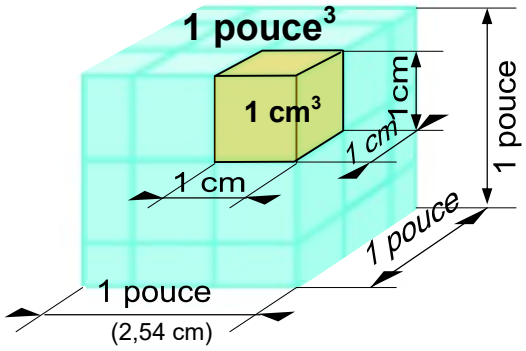
- Plus la puissance spécifique est élevée, plus le rendement du moteur est bon (au mieux 35% pour un moteur diesel …)
- Les constructeurs diminuent la cylindrée des moteurs et augmentent la puissance spécifique pour diminuer la consommation, les émissions de CO_2, ainsi que le poids et l'encombrement du moteur.
- On appelle cette tendance le « down sizing »

Remarque 4 :

- Pour Les moteurs récents, les constructeurs cherchent à baisser les vitesses de rotation afin de diminuer les pertes internes par frottement qui évoluent avec le cube de la vitesse de rotation.
- On parle alors de « down speeding »

Remarque 5 :

- La suralimentation est un moyen très efficace pour augmenter la puissance spécifique (la grande majorité des moteurs modernes sont donc suralimentés avec une faible cylindrée et une faible vitesse de rotation maxi)


1 pouce³
1 cm³
1 cm
1 cm
1 cm
1 pouce
1 pouce
1 pouce
(2,54 cm)