

MASSE VOLUMIQUE - DENSITE

1. MASSE VOLUMIQUE

C'est la **masse de l'unité de volume** d'un corps...

...dans des conditions de températures et de pression bien déterminées.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

m : masse en kg

V : volume en m³

ρ : masse volumique en kg.m⁻³ (autres unités : g.cm⁻³ ; kg.L⁻¹ ...)

Extraits BTS

Mécanique des fluides :

b 1997 1) - eec 2001 1)a

Mécanique :

scbh 2008 1)

Chimie organique :

eec 2006 1) – tp 1996 3)a – tp 2006 1) – af 2010)

Thermique :

eb 2007 1) – eb 2008 1)3)a

2. DENSITE

Nombre sans dimension, donc sans unité.

2A. densité des solides et des liquides par rapport à l'eau

Elle est déterminée en comparant une masse donnée du corps à la masse du même volume d'eau.

$$d = \frac{m(\text{corps})}{m(\text{eau})} = \frac{\rho_{\text{corps}} \cdot V}{\rho_{\text{eau}} \cdot V}$$

$$d = \frac{\rho_{\text{corps}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

2B. densité des gaz par rapport à l'air

L'air et les gaz sont pris dans les mêmes conditions de température et de pression.

$$d = \frac{\rho_{\text{gaz}}}{\rho_{\text{air}}}$$

Remarque : en prenant...

- **une mole d'air** de masse molaire M (air) = 29 g.mol⁻¹ dans des(c.n.t.p) conditions normales de température (0°C) et de pression atmosphérique (101325 Pa).

$$M(\text{air}) = \rho_{\text{air}} \cdot V_{\text{volume molaire}} = 1,293 \text{ g.L}^{-1} \cdot 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$$

et...

- **une mole** de gaz de masse molaire M_{gaz} pris dans ces mêmes conditions.

$$d = \frac{M_{\text{gaz}}}{29}$$

3. MASSE VOLUMIQUE et DENSITE

3A. tableau de valeurs

θ (°C)	-20	-10	0	+10	+30	+50
ρ (air) ($kg.m^{-3}$; $g.L^{-1}$) 101325 Pa	1,3955	1,3426	1,293	1,2475	1,1642	1,0927

<u>gaz</u> c.n.t.p	dioxyde de carbone	argon	dioxygène	AIR	diazote	vapeur d'eau	hélium	dihydrogène
ρ ($kg.m^{-3}$ $g.L^{-1}$)	1,977	1,784	1,429	1,293	1,251	0,768	0,178	0,090

SUBSTANCE ...à 20°C	masse volumique $kg.m^{-3}$		masse volumique $g.cm^{-3}$ $kg.dm^{-3}$ $t.m^{-3}$		densité <i>par rapport à l'eau</i>
solide					
polystyrène	10 à 15		0,010 à 0,015		0,010 à 0,015
liège	300		0,3		0,3
chêne	600 à 900		0,6 à 0,9		0,6 à 0,9
caoutchouc	910		0,91		0,91
corps humain	1070		1,07		1,07
chêne (<i>cœur</i>)	1170		1,17		1,17
soufre	2070		2,07		2,07
graphite	2250		2,25		2,25
verre	2600		2,6		2,6
aluminium	2700		2,7		2,7
fontes	6700 à 7300		6,7 à 7,3		6,7 à 7,3
zinc	7 140		7,14		7,14
aciers	7600 à 8200		7,6 à 8,2		7,6 à 8,2
cuivre	8920		8,92		8,92
plomb	11700		11,7		11,7
uranium	19000		19,0		19,0
tungstène	19100		19,1		19,1
or	19300		19,3		19,3
platine	21450		21,45		21,45
liquide					
éther	736		0,736		0,736
essence	740		0,74		0,74
kérosène	780		0,78		0,78
alcool	790		0,79		0,79
acétone	790		0,79		0,79
benzène	880		0,88		0,88
huile	920		0,92		0,92
vin	990		0,99		0,99
eau	1000		1		1
eau de mer	1020		1,02		1,02
glycérine	1260		1,26		1,26
trichloréthylène	1470		1,47		1,47
mercure	13546		13,546		13,546

*glace $d = 0,97$ à $0^{\circ}C$

3B. « le cas de l'eau »

θ (°C)	0	4	10	20	30	40	50
ρ (kg.m ⁻³)	999,87	999,99	999,73	999,23	995,68	992,25	988,07
densité	0,999 87	# 1	0,999 73	0,999 23	0,995 68	0,992 25	0,988 07

densité maximale à 4°C

Eté et hiver, les lacs et les fleuves profonds sont des refuges pour des animaux

Entre 0°C et 4°C la contraction de l'eau est une *anomalie*.

Au-delà de 4°C l'eau se dilate normalement.

Exercice 1 :

Quelles sont les densités de l'eau, de l'alcool, du cuivre, par rapport à l'eau ?

Exercice 2 :

Quelles sont les densités : de l'air, du dioxyde de carbone CO₂, du dihydrogène H₂, par rapport à l'air à 0°C ?

Exercice 3 :

Après avoir calculé leur densité par rapport à l'air, préciser quelle sorte d'aération (*basse ou haute*) faut-il utiliser dans un local où pour le chauffage on utilise :

- du gaz naturel (méthane) CH₄ ?
- du butane C₄H₁₀ ?

(masses molaires atomiques : M(H) = 1 g.mol⁻¹ ; M(C) = 12 g.mol⁻¹)

Exercice 4 :

Calculer les masses volumiques du

- kérosène (*combustible liquide*) de densité 0,78.
- béton de densité 2,5.
- du dioxyde de carbone de densité 1,53 à 0°C.

Exercice 5 :

Une solution liquide de densité égale à 1,23 contient 5% en masse d'hydroxyde de sodium (soude). Calculer la masse de soude NaOH présente dans 1 L de cette solution.

Extraits BTS

Mécanique des fluides :
tp 2007 1)...poids

4. Masse surfacique - masse linéiqueExercice 6 :

Calculer :

- La **masse surfacique** (σ en kg.m⁻²) d'une paroi de béton de masse volumique $\rho = 2500$ kg.m⁻³ et d'épaisseur $e = 20$ cm.
- La **masse linéique** ou **linéaire** (μ en kg.m⁻¹) d'un tube d'acier de diamètre $d = 100$ mm, d'épaisseur $e = 3$ mm, de longueur $L = 1$ m et de masse volumique $\rho = 7800$ kg.m⁻³.

Extraits BTS

Acoustique :
af 2001 1) – scbh 2003 B12)

5. Masse volumique, densité et mélange

Exercice 7 :

On mélange deux liquides respectivement de masses volumiques ρ_1 et ρ_2 et de volumes V_1 et V_2 .
Soit ρ la masse volumique du mélange obtenu.

a) Etablir la relation :
$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Soit d_1 et d_2 les densités de ces deux liquides par rapport à l'eau.
Soit d la densité du mélange.

b) Etablir la relation :
$$d = \frac{d_1 \cdot V_1 + d_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Exercice 8 :

On mélange 23 L d'eau et 1,3 L d'alcool.

- Calculer la masse volumique du mélange obtenu.
- Quelle est la densité du mélange liquide par rapport à l'eau ?

Extraits BTS

Mécanique des fluides :
b 1999 2)

6. Masse volumique et gaz parfait

P.V = n.R.T relation des gaz parfaits, quelque soit le gaz... H_2 , O_2 , N_2 ...

P : pression en pascals (Pa)

V : volume en mètres cubes (m^3)

T : température en kelvin (K)

n : quantité de matière en moles (mol)

R : constante des gaz parfaits... R = 8,314 (S.I)

$$n = \frac{m}{M} \quad (m \text{ (kg) : masse du gaz et } M \text{ (kg.mol}^{-1}\text{) : masse molaire du gaz})$$

$$P.V = \frac{m}{M} . R.T$$

$$\frac{m}{V} = \rho : \text{masse volumique du gaz}$$

$$\rho = \frac{M.P}{R.T}$$

$$d = \frac{\rho_{gaz}}{\rho_{air}}$$

$$d = \frac{\frac{M_{gaz} \cdot P}{R.T}}{\frac{M_{air} \cdot P}{R.T}} = \frac{M_{gaz}}{M_{air}}$$

$$d_{gaz} = \frac{M_{gaz}}{M_{air}}$$

$$M_{air} = 29 \text{ g.mol}^{-1}$$

Pour une quantité de gaz, n, donnée :

- dans un état de référence on a pour ce gaz : P_0, V_0, T_0

- dans un autre état on a pour ce même gaz : P, V, T

$$P_0 \cdot V_0 = n \cdot R \cdot T_0 \quad \text{et} \quad P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = n \cdot R \quad \text{et} \quad \frac{P \cdot V}{T} = n \cdot R \quad \text{soit} : \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$$

Exercice 9 :

Montrer que la relation donnant la masse volumique ρ d'un gaz parfait à une température T et à une pression P en fonction de la masse volumique ρ_0 de ce même gaz pris dans les conditions

normales de température et de pression P_0 et T_0 est $\rho = \rho_0 \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$.

($T_0 = 273 \text{ K}$ soit $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$; $P_0 = 1 \text{ atm (atmosphère)} = 76 \text{ cm de mercure} = 101325 \text{ Pa}$)

Exercice 10 :

Calculer le volume molaire V_0 dans les conditions normales de température T_0 , et de pression P_0 .

Exercice 11 :

Dix litres d'un gaz pris à 27 K sous la pression de $68,4 \text{ cm de mercure}$ ont une masse de $16,15 \text{ g}$.

- Calculer la masse volumique de ce gaz pris dans ces conditions.
- Quelle est la masse volumique ρ_0 de ce gaz dans les conditions normales ?
- Sachant que le volume molaire dans les conditions normales est égal à $22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$, quelle est la masse molaire M de ce gaz ?
- Quel est ce gaz ?

Extraits BTS

Thermodynamique :

b 2004 1) – eec 2001 1) - tp 1997 1)2) – tp 1999 1) – tp 2002 1)2) et 1)

tp 2005 1)3)4)5) - tp 2006 1)2) – tp 2008 1)

7. Masse volumique et dilatation

Variation de la masse volumique avec la température

Corps de masse m , de volume V_0 et de masse volumique ρ_0 à la température θ_0 .

Ce même corps de masse m , mais de volume V et de masse volumique ρ à la température θ ($\theta > \theta_0$).

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)} = \frac{m}{V_0} \cdot \frac{1}{1 + \alpha \cdot \Delta\theta}$$

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \cdot \Delta\theta}$$

La masse volumique est inversement proportionnelle au binôme de dilatation

Exercice 12 :

Un lingot d'or a une masse égale à 48 kg .

- Calculer le volume de ce lingot à 0°C sachant qu'à cette température la masse volumique de l'or est égale à $19,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.
- En déduire le volume de ce lingot à 20°C .
- Calculer la masse volumique de l'or à 20°C . ($\alpha_L = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ pour l'or)

Exercice 13 :

La masse volumique du chloroforme est égale à $1,52 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ à 0°C et égale à $1,49 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ à 20°C .

Calculer le coefficient de dilatation volumique du chloroforme.

(le chloroforme est un liquide de formule CHCl_3)

Exercice 14 :

Une citerne en acier pleine contient à 20°C une masse de 400 kg d'alcool dont la masse volumique à 20°C est égale à 800 kg.m⁻³.

- a) Calculer le volume de la citerne à 20°C.
- b) Après avoir calculé le volume de la citerne à 40°C et à -30°C, en déduire sa variation de volume entre ces deux températures. ($\alpha_{\text{acier}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$)
- c) Après avoir calculé le volume de l'alcool à 40°C et à -30°C, en déduire sa variation de volume entre ces deux températures. ($\alpha_{\text{alcool}} = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)
- d) Comparer ces deux résultats et conclure.
- e) Calculer la variation de la masse volumique de l'alcool entre ces deux températures.