



EUROPA-Série d'ouvrages
spécialisés pour la technique
véhicules

Livre de tabelles pour machines agricoles et chantier

Tabelles

Formules

Aperçus

Normes

• Mathématiques • Gestion d'entreprise • Elements de machine et hydraulique • Connaissances de base • Connaissance des matériaux • Documentation technique • Technologie des véhicules • Machines agricoles • Machines de chantier • Electrotechnique • Prescriptions

1^{ère} édition française

Traduction et relecture : Bovey Roland, Cloux Jacky et Echenard Jacques
Relecture du français : Echenard Crystelle

Éditeur de matériel pédagogique :

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten, Allemagne

N° de la maison d'édition : 23601

Auteurs du titre original Tabellenbuch Land- und Baumaschinentechnik 1^{re} édition, 1^{er} quota d'impression :

Fehr, Andreas	Professeur diplômé de lycée prof.	Breisach, Allemagne
Fleischlin, Stefan	Maître professionnel diplômé	Sempach, Suisse
Friese-Tapmeyer, Joachim	Professeur supérieur de lycée	Hildesheim, Allemagne
Friske, Richard	Professeur supérieur de lycée	Hannover, Allemagne
Ganzmann, Herbert	Ingénieur diplômé	Häusern sud de la Forêt Noire, Allemagne
Petersen, Malte	Professeur supérieur de lycée	Jübek, Allemagne
Mann, Jochen	Professeur diplômé de lycée prof.	Schorndorf – Stuttgart, Allemagne
Keil, Wolfgang	Directeur supérieur des études	München, Allemagne
Wimmer, Alois	Professeur supérieur de lycée	Berghülen, Allemagne

Le groupe de travail Technologie des machines agricoles et chantier remercie tout particulièrement les auteurs du groupe de travail Véhicules automobiles, les auteurs du groupe de travail Métal et les auteurs du groupe de travail Technique de construction métallique pour leur aide et leur soutien généreux lors de la réalisation de la 1^{ère} édition de ce livre.

Direction du groupe de travail :
Alois Wimmer

Traitement de l'image :
Bureau de dessin de la maison d'édition Europa-Lehrmittel, Ostfildern, Allemagne

1^{ère} édition française 2024

Impression 5 4 3 2 1

Tous les ouvrages de cette édition peuvent être utilisés parallèlement en classe, car ils sont identiques, à l'exception d'erreurs d'impression et des petites modifications de normes.

ISBN 978-3-7585-2360-1

Tous droits réservés. L'œuvre est protégée par le droit d'auteur dès sa création. Toute exploitation en dehors des cas réglés par la loi doit être acceptée par écrit par la maison d'édition.

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten, Allemagne · www.europa-lehrmittel.de

Composition et mise en page : Satz + Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt, Allemagne

Couverture : braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald, Allemagne

Photos de la couverture : AGCO GmbH, Marktoberdorf, Liebherr-Werk Biberach GmbH, Biberach a. d. Riss, und CLAAS KGaA mbh, Harsewinkel, Allemagne

Impression : mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn, Allemagne

Préface

Le livre de tables pour machines agricoles et chantier sert d'ouvrage de référence pour les problèmes spécifiques aux véhicules et machines dans le cadre du service, de la réparation, du diagnostic ainsi que de la transformation. Tous les sujets d'actualité technique ont été repris. Les images et les tableaux sont conçus selon des critères méthodiques et didactiques.

Grouper cibles

Apprentis, ouvriers, techno-diagnosticiens et contremaîtres dans le domaine des techniques agricoles, chantier, forestières, jardinage et communales.

Instructions à l'utilisateur

Table des matières : Une table des matières détaillée est placée en tête de chaque chapitre afin de permettre une recherche rapide.

Index des mots-clés : Il permet de trouver rapidement des contenus et des termes.

Onglet : Afin de permettre un repérage rapide, les 9 chapitres sont associés à un onglet.

Contenu

Mathématiques : Le chapitre est divisé en principes généraux et en calculs spécialisés sur les véhicules. Pour les formules, on distingue deux types d'équations :

- Equations selon la norme DIN 1313 (encadré marron)
- Equations numériques (encadrées en bleu).
- Remarque : Pour les équations numériques, les grandeurs doivent être utilisées dans les unités indiquées.

Gestion d'entreprise : Ce chapitre traite des bases, du traitement des commandes, de l'assurance qualité et du calcul des coûts.

Éléments de machines et hydraulique : On y trouve des pièces normalisées par ex. des vis, des écrous, des goupilles, des paliers et des élingues selon la norme actuelle. Pour la remise en état des systèmes hydrauliques, les composants importants tels que les tuyaux et les raccords sont énumérés sous forme de tableau.

Connaissances de base : Ce chapitre présente sous forme de tableau les connaissances de base en physique, chimie, technologie de l'information ainsi que la commande et la régulation. De même, les bases de la métallurgie, les techniques d'assemblage et les bases de la technique d'usinage sont résumées. Le chapitre contient des informations sur la corrosion et la protection contre la corrosion.

Connaissance des matériaux : Outre les matériaux ferreux et non ferreux, ce chapitre comprend également la structure, la fabrication et les types de carburants. D'autres fluides de service et auxiliaires sont rassemblés selon les normes les plus récentes, comme les liquides de refroidissement actuels, les réfrigérants et l'AdBlue.

Documentation technique : On y trouve des constructions géométriques de base, des représentations graphiques et toutes les normes, tolérances et ajustements nécessaires au dessin technique. Des symboles et des schémas de connexion sont représentés pour les domaines de la pneumatique, de l'hydraulique et de l'électricité.

Connaissances techniques : Ce chapitre regroupe les thèmes de la technique des véhicules, des machines agricoles, des machines de chantier et de la manutention.

Technique véhicules : Ce chapitre présente la technique des véhicules sous forme de tableaux. Il débute par des tableaux présentant les caractéristiques des tracteurs et des engins mobiles non routiers. Les sous-chapitres **moteur**, **transmission** et **châssis** contiennent des parties techniques telles que le refroidissement, la lubrification et formation du mélange, le post-traitement des gaz d'échappement, les roues, les pneus, ainsi que le freinage pneumatique.

Machines agricoles : Ce chapitre couvre les principaux domaines du machinisme agricole tel que les tracteurs, les machines et outils de travail du sol, les pulvérisateurs et les moissonneuses.

Machines de chantier et manutention : Ce chapitre comprend les engins de terrassement, tels que les excavatrices et les chargeuses sur pneus. Dans le domaine de la manutention, on trouve par ex. une description des grues et des chariots élévateurs à fourches.

Electrotechnique : Tous les appareils et systèmes électriques importants y sont traités, ainsi que les systèmes de bus et de confort, la technique haute tension, les schémas de dépannage et les systèmes d'assistance à la conduite.

Prescriptions : Ce chapitre rassemble les principales prescriptions techniques des véhicules ainsi que celles relatives à la prévention des accidents selon les dernières dispositions techniques et légales, telles que les courbes de risque, les prescriptions en matière d'e-mobilité, de chargement, d'arrimage du chargement et le contrôle des freins.

Table des matières

Mathématiques

Gestion d'entreprise

Éléments de machines et hydraulique

Connaissances de base

Connaissance des matériaux

Documentation technique

Conn. spécialisées

- Tech. véhicules
- Machines agricoles
- Machines de chantier

Electrotechnique

Prescriptions

Index des sources d'images

Les entreprises mentionnées ci-dessous ont apporté leur soutien aux auteurs en leur fournissant des conseils techniques, des informations et des illustrations. Nous les remercions très sincèrement.

Accuride Wheels GmbH, page: 385/1
Aebli-Co. AG Maschinenfabrik, page: 402/5-6
AGCO GmbH (Fendt), pages: 395/6; 402/11; 405/1-3; 456/2; 580/1,2; 581/2; 598/1; 599/1
Agrotrop GmbH, pages: 437/2; 438/2
Allison, GN, page: 350/1
Altek GmbH, page: 435/3
Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, pages: 409/1-5; 413/2; 414/7; 430/2,4; 433/3,4; 434/3; 435/5; 440/1
Audi AG, pages: 304/1-2; 315/1,3; 317/1-3; 320/1; 321/1; 322/1; 323/1-3; 325/2
Bertschi Agrartechnik AG, pages: 402/4; 405/4
Beru-Borg Warner, pages: 314/5,6
BMW AG, page: 302/2
Robert Bosch GmbH, pages: 30/4; 87/6; 312/2,3; 313/1-3; 314/1-4; 317/1,3; 318/2,3; 323/1,2; 324/1-3; 325/1; 326/1,2; 327/1-8; 328/1-5; 334/1
Brix GmbH, page: 409/7
Bridgestone Europe, page: 383/1-5
Bridgestone Europe (Firestone), page: 384/1-5
Carl Geringhoff GmbH, page: 457/3
CLAAS KGaA mbH, pages: 285/3; 402/3; 405/5; 444/1; 452/2; 457/2; 581/1
CNH Industrial Österreich GmbH, page: 402/1-2, 7-10
Continental Reifen GmbH, pages: 377/1; 377/2; 384/9; 384/10
Les entreprises mentionnées ci-dessous ont apporté leur soutien aux auteurs en leur fournissant des conseils techniques et des informations. Nous les remercions très sincèrement.

AEBI Schmidt Deutschland GmbH, DE – St. Blasien
Agrifac Machinery B.V., NL – Steenwijk
Aral AG, DE – Bochum
Arbor AG-Baumman, I – Cavaion
Atlas Copco Kompressoren- und Drucklufttechnik GmbH, DE – Essen
G. Auwärter GmbH & Co (Neoplan), DE – Stuttgart
Basrijs BV, NL – Rijsbergen
Bayer CropScience, DE – Langenfeld
Behr Hella Service GmbH, DE – Schwäbisch Hall
bema GmbH, DE – Voltlage-Weese
Otto Boge GmbH & Co. KG, DE – Bielefeld
Bosch Rexroth AG, DE – Lohr am Main
Bressel und Lade Maschinenbau GmbH, DE – Visselhövede-Schwitschen
Christiansen's Bioland-Hof, DE – Esperstoft-Feld
Continental Teves AG & Co. OHG, DE – Frankfurt
Deutsche BP AG, DE – Hamburg
Deutz AG, DE – Köln-Porz
Dici-Ennio Berto, IT – Montecchio Emilia
DUNLOP GmbH & Co. KG, DE – Hanau/Main
J. Eberspächer, DE – Esslingen
ESSO AG, DE – Hamburg
EMM Motoren Service, DE – Lindau
Fiedler Maschinenbau und Flötzingler Gerätetechnik GmbH, DE – Polling
Carl Freudenberg, DE – Weinheim/Bergstraße
Getrag Getriebe- und Zahnradfabrik, DE – Ludwigsburg
Girling-Bremsen GmbH, DE – Koblenz
Glasurit GmbH, DE – Münster/Westfalen
Globaljig, Deutschland GmbH, DE – Cloppenburg
Glyco-Metall-Werke B.V. & Co. KG, DE – Wiesbaden/Schierstein
Goetze AG, DE – Burscheid
Grau-Bremse, DE – Heidelberg
Grimme GmbH & Co. KG, DE – Damme
GVS Agrar AG, CH – Schaffhausen
Toutes les images du livre sans indication de source ont été réalisées par le bureau de dessin de la maison d'édition Europa-Lehrmittel à Ostfildern, ou par les auteurs.

DLG e.V., page: 284/2
GKN Land Systems, pages: 362/2,3; 364/1-9; 365/1-10; 367/1-16; 368/1-9; 406/16-19
Hella KG, Hueck & Co., page: 301/3
Hella GmbH, pages: 434/6; 435/4
Ernst Herbst Prüftechnik e.K., page: 435/2
Herbert Dammann GmbH, page: 434/1
HORSCH Maschinen GmbH, page: 434/5
ITT Automotive (ATE, VDO), page: 392/5
John Deere GmbH & Co. KG, pages: 286/1; 287/1; 349/1-3; 351/3,4
Kock & Sohn GmbH, page: 386/8,9
Köckerling GmbH & Lo. KG, page: 409/8
Komatsu Forest GmbH, page: 286/2
Krone Maschinenfabrik, pages: 444/2; 445/3,4; 451/1; 452/1,3,4; 453/1-3; 454/1
Kronos, Kronoby, page: 409/6
Kverneland Group Deutschland GmbH, pages: 410/2,3; 412/1-4; 436/2
Lechler GmbH, pages: 438/1-4; 439/3-4
Lemken GmbH & Co. KG, pages: 409/4,9; 410/5; 413/4-7; 434/2,5; 436/1; 437/1-3; Liebherr GmbH, pages: 355/3,4; 466/1; 466/4; 466/7; 468/1; 468/2; 471/3-5; 473/3,5; 474/2; 475/2-4; 476/1-7; 477/1-3; 478/1-4; 479/2,3; 480/1-3; 481/1-3; 482/1-3; 483/1-4; 484/1-4; 485/1-12; 486/1-12; 488/1; 489/1; 490/2,3; 491/1; 492/1,2; 494/2,3; 495/2,4,5; 496/2,4; 501/1-5; 502/1-6; 503/1-3; 504/1,2
MAN Maschinenfabrik, page: 332/1
Mann und Hummel, page: 301/1
Maschio, pages: 409/3; 414/10

Hazet-Werk, Hermann Zerver, DE – Remscheid
HAMEG GmbH, DE – Frankfurt/Main
Hengst Filterwerke, DE – Nienkamp
HAMM AG, DE – Tirschenreuth
Fritz Hintermann, Bing-Vergaser-Fabrik, DE – Nürnberg
Hetronic Swiss AG, DE – Härkingen
Hunger Maschinenfabrik GmbH, DE – München und Kaufering
Hydac, AT – Sierning
Hydraulik Nord Fluidtechnik GmbH & Co. KG, DE – Parchim
IBM Deutschland, Böblingen
Michael Immler GmbH, DE – Immenstadt
IVECO-Magirus AG, DE – Neu-Ulm
IXION Maschinenfabrik Otto Häfner GmbH & Co., DE – Hamburg-Wandsbek
Jungheinrich AG, CH – Hirschtal
Julius Kühn Institut, DE – Quedlinburg
Alfred Kärcher GmbH & Co. KG, DE – Winnenden
Kaeser Kompressoren SE, DE – Coburg
Kemper GmbH, DE – Stadthorn
Knecht Filterwerke GmbH, DE – Stuttgart
Knorr-Bremse GmbH, DE – München
Knott-GmbH, DE – Eggstätt
Kolbenschmidt AG, DE – Neckarsulm
KS Gleitlager GmbH, DE – St. Leon-Rot, AT – Mattighofen
Kühnle, Kopp und Kausch AG, DE – Frankenthal/Pfalz
Kuhn Maschinen-Vertrieb GmbH, Genthin-Schoppsdorf GmbH, DE – Soest
Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, DE – Stuttgart
Lely International N. V., NL – Maassluis
Lemmerz-Werke, DE – Königswinter
LuK Schaeffler Automotive, DE – Buhl/Baden
MAHLE GmbH, DE – Stuttgart
Mahler AG, CH – Obfelden
Mannesmann Sachs AG, DE – Schweinfurt
Maschinenfabrik Schmotzer GmbH, DE – Bad Windsheim
Mercedes Benz, DE – Stuttgart

Menzi Muck AG, page: 471/2
Michelin Reifenwerke AG & Co. KGaA, pages: 377/1; 379/1; 379/2; 379/4; 384/8
New Holland Agriculture, page: 285/1
NovoNox, page: 258/5-6
Nokian Tyres GmbH, pages: 384/6; 384/7
Optibelt GmbH, pages: 159/1-8; 160/1-13; 161/1-6; 162/2-4
Paus Maschinenfabrik GmbH, page: 466/2
Parker Ermeto, pages: 167/2,4; 172/1-6; 173/1-4; 174/1-6; 175/1,2; 176/1-6
PHILIPP Forstwerkzeuge GmbH, page: 384/11
Pöttinger Maschinenfabrik, pages: 256/2; 409/1; 410/4,6; 411/1
PTG Reifendruckregelsystem GmbH, pages: 390/1-5
Rauch Landmaschinenfabrik GmbH, page: 430/1
Reform Werke, pages: 445/5; 446/2
Same Deutz-Fahr GmbH, page: 391/1
Scharmüller GmbH. & Co. KG., page: 406/1-15
STIGA GmbH, page: 287/2
TeeJet Technologies GmbH, pages: 436/3; 437/1,2; 438/5
Franz Trinker Räderproduktion GmbH, pages: 386/5-7,10,11
ZF Getriebe GmbH, pages: 350/3; 351/1; Zeppelin Baumaschinen GmbH, pages: 466/1; 466/4; 466/7; 468/1; 468/2
Zürn, page: 457/1

Metzeler Reifen GmbH, DE – München
Mitsubishi Electric Europe B.V., DE – Ratingen
Mitsubishi MMC, DE – Trebur
MOBIL OIL AG, DE – Hamburg
NGK/NTK Europe GmbH, DE – Ratingen
NH Agriculture, CH – Niederweningen
OSRAM AG, DE – München
OMV AG, AT – Wien
Pierburg GmbH, DE – Neuss
Pirelli AG, DE – Höchst im Odenwald
Potain, FR – Dardilly
Rapid Technic AG, CH – Killwangen
SATA Farbspritztechnik GmbH & Co., DE – Kornwestheim
SCANIA Deutschland GmbH, DE – Koblenz
SEKURIT SAINT-GOBAIN Deutschland GmbH, DE – Aachen
Schäffler Automotive, DE – Langen
SKF Kugellagerfabriken GmbH, DE – Schweinfurt
SOLO Kleinmotoren GmbH, DE – Sindelfingen
Stahlwille E. Wille, DE – Wuppertal
Stihl, DE – Waiblingen
Steyr-Daimler-Puch AG, AT – Graz
Stirnemann AG, DE – Olten
SUN Elektrik Deutschland, DE – Mettmann
Technikvertrieb GmbH, DE – Schmölln-Putzkau
Telma Retarder Deutschland GmbH, DE – Ludwigsburg
UNIWHEELS GmbH, DE – Bad Dürkheim
VARTA Autobatterien GmbH, DE – Hannover
Vereinigte Motor-Verlage GmbH & Co. KG, DE – Stuttgart
Joseph Vögele AG, DE – Ludwigshafen
Voith GmbH & Co. KG, DE – Heidenheim
Volvo Deutschland GmbH, DE – Brühl
Wabco Westinghouse GmbH, DE – Hannover
Wacker Neuson Linz GmbH, AT – Hörsching
Webasto GmbH, DE – Stockdorf
Wirtgen GmbH, DE – Windhagen

Mathématique

M

Notions de base

Unités en métrologie, grandeurs, symboles, unités	6
Machine à calculer	10
Fonctions angulaires / trigonométrie	11
Calculs de pourcentages, d'intérêts, de rapports et de mélanges	12
Longueurs	13
Longueurs développées, rayons de courbure, bordages, rabattements.	14
Surfaces, volumes	16

Mécanique, hydraulique, pneumatique, technique de la chaleur, entraînement

Masse, masse volumique, force	21
Vitesses, accélérations, décélérations, dépassements	24
Travail, énergie, puissance, rendement	29
Couples, leviers, poulies, palans, frottements, résistances	31
Pression hydraulique, pneumatique, technique de la chaleur	37

Moteur

Cylindrée, rapport volumétrique, vitesse des pistons, diagramme pression-volume	45
Diagrammes de distribution, temps d'ouverture des soupapes, vitesses des gaz	48
Coefficient d'air, taux de remplissage, consommation d'air et de carburant	49
Quantité de carburant injecté, consommation d'huile, rapport de mélange	51
Quantité de chaleur fournie, refroidissement du moteur, mélange antigel	52
Puissance du moteur, puissance utile et indiquée, rendement, travail	53

Chaîne cinématique (transmission de puissance)

Transmission	58
Embrayage, boîte de vitesses	61
Transmission des essieux, rapport de transmission total	65
Différentiel	66
Force motrice sur les roues, couple, puissance, vitesse de déplacement	67
Résistances à l'avancement, force et puissance motrices, schéma de conduite	69

Châssis

Forces d'appui, distance du centre de gravité, calcul des ressorts	73
Direction : parallélisme, différences d'angles de braquage, démultiplication de la direction	75
Freins : rapports mécaniques et hydrauliques, pression, force de serrage	77
Rapport de transmission, couple et force de freinage, force d'inertie	79
Travail et puissance de freinage, essais de frein, taux de freinage	81

Électrotechnique

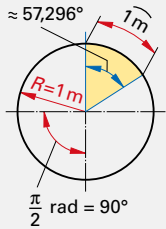
Loi d'Ohm, résistance	83
Chute de tension, densité du courant, calcul de conducteurs	84
Couplage de résistances	85
Diviseur de tension, couplage en pont (pont de Wheatstone)	86
Condensateur, puissance et travail électrique, rendement	87
Batterie	88
Champ magnétique, champ électrique	89
Couplages de résistances en courant alternatif, transformateur, calcul d'antenne	91
Composants électroniques	93
Modulation de largeur d'impulsion MLI, transmission de données	94

Unités en métrologie, grandeurs, symboles, unités

Unités de bases SI

Les unités en métrologie sont définies dans le système international d'unités (SI = Système international d'unités). Le système SI est basé sur 7 unités de base, à partir desquelles d'autres unités sont dérivées. Les multiples décimaux et les parties décimales des unités sont désignés conformément à la norme DIN 1301, par ex. le kilomètre avec km ou le millimètre avec mm.
Le système SI favorise la normalisation internationale en métrologie.

Grandeurs de base	Longueur	Masse	Temps	Intensité de courant électrique	Température	Quantité de matière	Intensité lumineuse	
Unités de base	Mètre	Kilogramme	Seconde	Ampère	Kelvin	Mol	Candela	
Symboles	m	kg	s	A	K	mol	cd	
Grandeurs								
Grandeur	Symbole	Unité		Conversions, explications				
		Nom	Symbole		m	dm	cm	mm
Longueur	<i>l</i>	Mètre	m		m	dm	cm	mm
Largeur	<i>b</i>			1 km	1 000	10 000	100 000	1 000 000
Hauteur, profondeur	<i>h</i>			1 m	1	10	100	1 000
Rayon	<i>r</i>			1 dm	0,1	1	10	100
Diamètre	<i>d</i>			1 cm	0,01	0,1	1	10
Distance	<i>s</i>			1 mm	0,001	0,01	0,1	1
Épaisseur	<i>e</i>			1 µm	0,000 001	0,000 01	0,000 1	0,001
Aire / surface	A	Mètre-carré	m ²		m ²	dm ²	cm ²	mm ²
Section transversale				1 m ²	1	100	10 000	1 000 000
				1 dm ²	0,01	1	100	10 000
		Are	a	1 cm ²	0,000 1	0,01	1	100
		Hectare	ha	1 km ²	1 000 000			
1 ha = 100 a = 10 000 m ² = 0,01 km ²								
Volume	V	Mètre-cube	m ³		m ³	dm ³ (l)	cm ³ (ml)	mm ³
Contenance				1 m ³	1	1 000	1 000 000	
				1 dm ³ (l)	0,001	1	1 000	1 000 000
		Litre	l, L	1 cm ³ (ml)	0,000 001	0,001	1	1 000
				1 mm ³		0,000 001	0,001	1
1 l = 1 dm ³ = 1 000 cm ³								
Temps	t	Seconde	s		j	h	min	s
Durée				1 s	0,000 69	0,000 278	0,01667	1
		Minute	min	1 min	0,041 67	0,016 67	1	60
		Heure	h	1 h	1	1	60	3 600
		Jour	j	1 d	~ 365	24	1 440	86 400
		Année	a	1 a		~ 8 760	~ 525 600	~ 31 536 000
Durée : 3 h = 3 heures Heure : 3 ^h = 3:00 heures								
Angle par ex. Angle de phase	α, β, γ ... φ	Radian	rad	Le radian est l'angle plan compris entre deux rayons qui interceptent, sur la circonférence d'un cercle, un arc de longueur égale à celle du rayon.				
				1 rad = 1 m (arc) / 1 m (rayon) 1 rad ≈ 57,3°				
		Angle plein		1 angle plein = 2 · π rad				
		Degré	°	1° = $\frac{\pi}{180}$ rad				
		Minute	'	1' = $\left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10\,800}$ rad				
		Seconde	"	1" = $\left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648\,000}$ rad				
		Gon	gon	1 gon = $\frac{\pi}{200}$ rad				



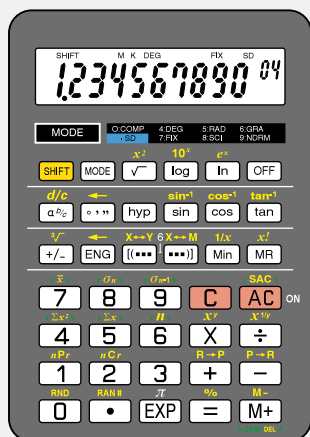
Grandeurs								
Grandeur	Symbole	Unité		Conversions, explications				
		Nom	Symbole					
Vitesse	v	Mètre/seconde	m/s		m/s	m/min	km/h	
Vitesse circonférentielle	v	Kilomètre/heure	km/h	1 km/h	0,2778	16,667	1	
Vitesse de la lumière	c			1 m/min	0,016 67	1	0,06	
Vitesse angulaire	ω	Radian/seconde	rad/s	1 m/s	1	60	3,6	
				1 cm/s	0,01	0,6	0,036	
Fréquence	f, ν	Hertz	Hz	Nombre d'opérations périodiques par seconde				
Régime,		Seconde réciproque	1/s	1 Hz = 1/s = s ⁻¹				
Fréquence de rotation	n	Minute réciproque	1/min	1/s = 60/min				
Durée de la période	ω	Seconde réciproque	1/s	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$				
	T	Seconde	s					
Accélération	a	Mètre/seconde au carré	m/s ²	Direction d'action : n'importe laquelle				
Accélération de la pesanteur	g			Direction de l'action : vers le centre de la terre. g = 9,80665 m/s ² ≈ 9,81 m/s ² est généralement donnée comme l'accélération standard due à la gravité.				
Accélération angulaire	α	Radian/seconde au carré	rad/s ²					
Masse	m	Kilogramme	kg		g	kg	Mg (t)	
Poids comme résultat de la pesée		Gramme	g	1 kg	1 000	1	0,001	
		Tonne	t	1 g	1	0,001	0,000 001	
				1 Mg (t)	1 000 000	1 000	1	
Masse en fonction de la longueur	m'	Kilogramme/mètre	kg/m	$m = l \cdot m'$ m' est utilisé, par ex. pour calculer la masse des profilés, des barres et des tuyaux.				
Masse en fonction de la surface	m''	Kilogramme/mètre-carré	kg/m ²	$m = A \cdot m''$ m'' est utilisé, par ex. pour calculer la masse des tôles et des plaques.				
Masse volumique	ρ	Kilogramme/mètre-cube	kg/m ³		g/cm ³	kg/dm ³	kg/m ³	
				1 kg/m ³	0,001	0,001	1	
		Kilogramme/décimètre-cube	kg/dm ³	1 kg/dm ³	1	1	1 000	
				1 g/cm ³	1	1	1 000	
		Gramme/centimètre-cube	g/cm ³	1 kg/l	1	1	1 000	
				1 g/l	0,001	0,001	1	
Volume spécifique	ν	Mètre-cube/kilogramme	m ³ /kg	1 m ³ /kg = 1 000 dm ³ /kg = 1 dm ³ /g				
Quantité de matière	n	Mol	mol	Quantité de particule = 6,022 · 10 ²³ particules				
Force	F	Newton	N		mN	N	daN	kN
Force d'appui	F_G, G			1 mN	1	0,001	0,000 1	0,000 001
				1 N	1 000	1	0,1	0,001
				1 kN	1 000 000	1 000	100	1
				1 MN	10 ⁹	1 000 000	100 000	1 000
				1 N = 1 kg · 1 m/s ² = 1 kg m/s ²				
Couple	M	Newton-mètre	Nm		Ncm	Nm	kNm	
				1 Ncm	1	0,01	0,000 01	
				1 Nm	100	1	0,001	
				1 kNm	100 000	1 000	1	

M

Grandeurs									
Grandeur	Symbole	Unité		Conversions, explications					
		Nom	Symbole						
Température	T	Kelvin Celsius	K °C	0 Kelvin = 0 K = − 273 °C 0 °Celsius = 0 °C = 273 K					
Travail Energie Quantité de chaleur	W E / W Q	Joule	J		kWh	J	kJ	MJ	
				1 kWh	1	3 600 000	3 600	3,6	
				1 J	0,000	1	0,001	0,000 001	
				1 kJ	277 8	1 000	1	0,001	
				1 MJ	0,277 8	1 000 000	1 000	1	
				1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 kg m²/s²					
Puissance	P	Watt	W		mW	W	kW	MW	
				1 mW	1	0,001	0,000 001	10 ^{−9}	
				1 W	1 000	1	0,001	0,000 001	
				1 kW	1 000 000	1 000	1	0,001	
				1 MW	10 ⁹	1 000 000	1 000	1	
				1 W = 1 J/s = 1 Nm/s					
Pression	p	Pascal	Pa		Pa	mbar, hPa	bar	N/cm²	
				1 Pa	1	0,01	0,000 01	0,000 1	
				1 mbar, hPa	100	1	0,001	0,01	
				1 bar	100 000	1 000	1	10	
				1 N/cm²	10 000	100	0,1	1	
				1 Pa = 1 N/m² ; 1 bar = 10 N/cm² ; 1 mbar = 1 hPa					
Tension mécanique	σ, τ	Newton/ mètre- carré	N/m²		N/m²	N/cm²	daN/cm²	N/mm²	
				1 N/m²	1	0,000 1	0,000 01	0,000 001	
				1 N/cm²	10 000	1	0,1	0,01	
				1 daN/cm²	100 000	10	1	0,1	
				1 N/mm²	1 000 000	100	10	1	
				1 N/m² = 1 Pa					
Intensité du courant	I	Ampère	A		mA	A	kA		
				1 mA	1	0,001	0,000 001		
				1 A	1 000	1	0,001		
				1 kA	1 000 000	1 000	1		
Tension électrique	U	Volt	V		mV	V	kV		
				1 mV	1	0,001	0,000 001		
				1 V	1 000	1	0,001		
				1 kV	1 000 000	1 000	1		
Résistance électrique	R	Ohm	Ω		m Ω	Ω	k Ω	M Ω	
				1 m Ω	1	0,001	0,000 001	10 ^{−9}	
				1 Ω	1000	1	0,001	0,000 001	
				1 k Ω	1 000 000	1 000	1	0,001	
				1 M Ω	10 ⁹	1 000 000	1 000	1	
Préfixes des unités (exemples)									
da (Deca)	10 ¹	130 mètres = 13 · 10 ¹ m = 13 dam			d (Deci)	10 ^{−1}	0,1 mètre = 1 · 10 ^{−1} m = 1 dm		
h (Hecto)	10 ²	300 litres = 3 · 10 ² l = 3 hl			c (Centi)	10 ^{−2}	0,25 mètre = 25 · 10 ^{−2} m = 25 cm		
k (Kilo)	10 ³	1500 grammes = 1,5 · 10 ³ g = 1,5 kg			m (Milli)	10 ^{−3}	0,004 mètre = 4 · 10 ^{−3} m = 4 mm		
M (Mega)	10 ⁶	1 200 000 Watt = 1,2 · 10 ⁶ W = 1,2 MW			μ (Micro)	10 ^{−6}	0,000 015 mètre = 15 · 10 ^{−6} m = 15 μ m		
G (Giga)	10 ⁹	20 500 000 000 Watt = 20,5 · 10 ⁹ W = = 20,5 GW			n (Nano)	10 ^{−9}	0,000 000 105 mètre = 105 · 10 ^{−9} m = = 105 nm		
T (Tera)	10 ¹²				p (Pico)	10 ^{−12}			
P (Peta)	10 ¹⁵				f (Femto)	10 ^{−15}			
E (Exa)	10 ¹⁸				a (Atto)	10 ^{−18}			
Alphabet grec									
A α a	Alpha	E ϵ e	Epsilon	Λ λ l	Lambda	P ρ r	Rho	Φ ϕ f (ph)	Phi
B β b	Bêta	H η e	Eta	M μ m	Mü	Σ σ s	Sigma	X χ ch	Chi
Γ γ g	Gamma	Θ ϑ th	Thêta	N ν n	Nü	T τ t	Tau	Ψ ψ ps	Psi
Δ δ d	Delta	K κ k	Kappa	Π π p	Pi	Y υ ü	Ypsilon	Ω ω o	Oméga

Indices pour symboles de formules						DIN 1304 (Extrait)	
Index	Signification	Index	Signification	Index	Signification		
0	Ralenti	amb	Ambiente = environnant	tot	Total		
1	Etat initial	b	Coudé	max	Maximal		
2	Etat final	e	Excédent = au-dela de	min	Minimal		
abs	Absolu	eff	Effectif	adm	Admissible		
Signes mathématiques (Extrait)							
Signes	Explication	Signe	Explication	Signe	Explication		
...	etc, jusqu'à	–	moins	Δ	delta, différence de		
=	égal	$\sqrt{a}$	racine carrée de <i>a</i>	≅	conforme		
≠	est différent de	· ×	mutiplié par (le point se trouve à mi-hauteur)	~	semblable à		
~	est proportionnel à	: / —	est divisé par	∠	angle		
≈	est approximativement égal à	%	pourcent	$\overline{AB}$	distance AB		
△	correspond à	‰	pourmille	$\widehat{AB}$	arc de cercle AB		
<	est plus petit que	()[]{}	hiérarchie des groupe-ments	Σ	somme		
>	est plus grand que		parallèle	e	nombre de Euler e = 2,718 281 828...		
≥	est supérieur ou égal à	≠	pas parallèle	π	pi = 3,14159...		
≤	est inférieur ou égal à	⊥	perpendiculaire à	∞	infini		
+	plus			log	logarithme (généralité)		
				lg	logarithme de 10		
				ln	logarithme naturel		
Unités Anglo-américaines							
Longueurs		mm	m	Surface		cm ²	m ²
inch (Pouce)	1 in	25,4	0,025	square inch	1 in ²	6,452	–
foot (Pied)	1 ft	304,8	0,305	square foot	1 ft ²	929	0,0931
yard	1 yd	914,4	0,914	square yard	1 yd ²	8361	0,836
statute mile	1 mile	–	1609,34	acre	1 acre	–	4047
nautical mile	1 n mile	–	1852	square mile	1 mile ²	–	2,59 km ²
1 mile = 1760 yd; 1 yd = 3 ft; 1 ft = 12 in							
Volumes		cm ³	dm ³ (l)	Masse		g	kg
cubic inch	1 in ³	16,387	0,0164	grain	1 gr	0,0648	–
cubic foot	1 ft ³	28 317	28,317	dram	1 dram	1,772	–
cubic yard	1 yd ³	–	764,555	ounce	1 oz	28,35	0,028
US-gallon	1 gal	3 785	3,785	pound (libre)	1 lb	453,59	0,454
engl. gallon	1 gal	4 546	4,546	hundredweight	1 cwt	50 802	50,802
barrel	1 barrel	–	158,990	amer. ton	1 tn	–	1016
1 tn = 20 hw ; 1 cwt = 112 lb ; 1 lb = 16 oz							
Vitesses		m/s	km/h	Pressions		N/cm ²	bar
foot per second	1 ftps	0,3048	1,096	pound per square inch	1 psi = 1 lb/in ²	0,704	0,0704
statute mile per hour	1 mph	0,4470	1,609				
nautic mile per hour	1 kn	0,5147	1,852				
Températures							
Température en degrés Fahrenheit = 1,8 · Température en degrés Celsius + 32							
Température en degrés Celsius = 1/1,8 · (Température en degrés Fahrenheit – 32)							
Conversion des anciennes unités et des unités SI							
Pression		Energie, travail			Puissance		
1 at = 1 kp/cm ²	= 981 mbar	1 kcal	= 4186,8 J	≈ 4,2 kJ =	1 PS	= 735 W = 0,735 kW =	
1 mm WS = 1 kp/m ²	= 0,098 mbar		= 1,16 · 10 ^{–3} kWh			= 735 Nm/s	
1 mm Hg = 1 Torr	= 1,333 mbar	1 kpm	= 9,81 J = 9,81 Nm		1 kW	= 1,36 PS	

Machine à calculer



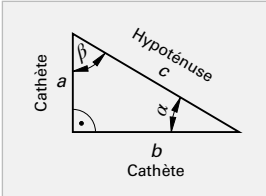
*) $1.234567890^{04} = 12345.67890$
 Exposant 04 : Déplacez le point décimal de quatre positions vers la droite.
 $1.234567890^{-04} = 0.0001234567890$
 Exposant $^{-04}$: Déplacez le point décimal de quatre positions vers la gauche.

Zone d'affichage (display)	Remarques
Valeur numérique Exposants Fonctions spéciales	huit ou dix chiffres - 99 à + 99 M = Mémoire E = Fonction de dépassement par ex. $x/0$ = infini
Panneau de commande	Abréviations
Fonction marche, arrêt Touches numériques Touche du point décimal Touches de suppression Touches de mémoire Touche effacement mémoire Touche de rappel de la mémoire Touches arithmétiques Touche d'exécution Touches de fonction	ON – OFF 0 – 9 . C ; CE ; AC M ; STO ; M+ ; M- ; Min MC MR ; MRC ; RCL + ; - ; × ; ÷ = % ; +/- ; x^2 ; $1/x$; x^n ; [(...)] sin ; cos ; tan ; x^3 ; $\sqrt{x}$ $\sqrt[3]{x}$; π ; ...
Touche Shift	SHIFT / INV / 2nd active la deuxième affectation des touches situées au-dessus des touches de fonction.

Entrée des valeurs/ Type de calcul	Devoirs	Séquence de touches	Valeur sortie	Remarques
Saisie numérique	25,33	25 . 33	25.33	La touche point est utilisée pour définir le point décimal.
Addition / soustraction	$32,2 + 27,9 - 15,7$ = ?	$32.2 + 27.9$ - 15.7 =	44.4	Le résultat est édité en appuyant sur la touche « = ».
Pourcentage	15 % de 3000 = ?	3000×15 SHIFT %	450	La touche pourcentage effectue l'opération arithmétique 1/100.
Calcul de parenthèse	$\frac{12 [2 - (1 - 6)]}{20 \cdot 5} = ?$	$12 \times [2 -$ (1 - 6)] ÷ 20 ÷ 5 =	0,84	Après chaque calcul de parenthèse, appuyez sur la touche parenthèse)] pour chacune des parenthèses ouvertes.
Mise au carré / exponentielle	$\frac{\pi \times 14^2}{4} = ?$ $3,7^2 = ?$ $2^5 = ?$	$\pi \times 14$ SHIFT x^2 ÷ 4 = 3.7 SHIFT x^2 2 SHIFT x^y 5 =	153.93804 13.69 32	Utilisez la touche de fonction spéciale π pour la précision. Le résultat est édité sans appuyer sur la touche « = ». Il faut appuyer sur la touche « = » pour effectuer l'opération arithmétique.
Racine carrée	$\sqrt{625} = ?$ $\sqrt[3]{125} = ?$	625 $\sqrt{}$ 125 SHIFT $\sqrt[3]{}$ 5	25 5	Saisissez d'abord la valeur x, puis appuyez sur la touche racine.
Inverse	$20^{-1} = ?$ ou. $\frac{1}{20} = ?$	20 SHIFT $1/x$	0.05	La fonction $1/x$ calcule combien de fois le nombre en question est contenu dans 1.
Mise en mémoire	$254 + 157 - 23$ $+ 88 = ?$	254 Min 157 M+ 23 SHIFT M+ 28 M+ MR	476	M+ Additionne dans la mémoire. M- Soustrait dans la mémoire. MR La valeur de la mémoire est affichée. Min Une valeur fixe est saisie dans la mémoire. Effacement de la valeur de la mémoire : Entrez 0 dans Min ou appuyez sur MC.

Fonctions angulaires / trigonométrie

M



- Les côtés a et b formant l'angle droit sont appelés cathètes
- Le côté c opposé à l'angle droit s'appelle l'hypoténuse
- Le côté b ou a adjacent à l'angle aigu α resp. β est appelé côté adjacent
- Le côté a ou b opposé à l'angle aigu α resp. β est appelé côté opposé.

Les rapports des côtés dans un triangle rectangle sont appelés fonctions d'angle ou fonctions trigonométriques.

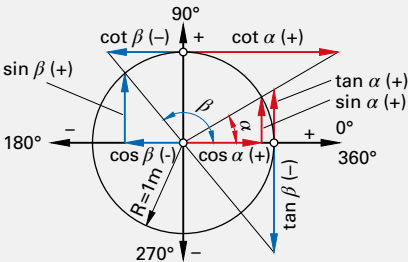
Sinus = $\frac{\text{Côté opposé}}{\text{Hypoténuse}}$		$\sin \alpha = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \sin \alpha$ $c = \frac{a}{\sin \alpha}$		$\sin \beta = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \sin \beta$ $c = \frac{b}{\sin \beta}$
Cosinus = $\frac{\text{Côté adjacent}}{\text{Hypoténuse}}$		$\cos \alpha = \frac{b}{c}$ $b = c \cdot \cos \alpha$ $c = \frac{b}{\cos \alpha}$		$\cos \beta = \frac{a}{c}$ $a = c \cdot \cos \beta$ $c = \frac{a}{\cos \beta}$
Tangente = $\frac{\text{Côté opposé}}{\text{Côté adjacent}}$		$\tan \alpha = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \tan \alpha$ $b = \frac{a}{\tan \alpha}$		$\tan \beta = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \tan \beta$ $a = \frac{b}{\tan \beta}$
Cotangente = $\frac{\text{Côté adjacent}}{\text{Côté opposé}}$		$\cot \alpha = \frac{b}{a}$ $b = a \cdot \cot \alpha$ $a = \frac{b}{\cot \alpha}$		$\cot \beta = \frac{a}{b}$ $a = b \cdot \cot \beta$ $b = \frac{a}{\cot \beta}$

Calcul des fonctions trigonométriques avec la calculatrice (exemples)

Exemple : $a = 10 \text{ cm}$; $c = 50 \text{ cm}$; $\alpha = ?$ Solution : $\sin \alpha = a : c = 10 \text{ cm} : 50 \text{ cm} = 0,2$

$10 \div 50 = 0,2$ (INV; 2ND) SIN $\Rightarrow 11,536\ 96^\circ$ (INV; 2ND) $^\circ \ ' \ '' \Rightarrow 11^\circ\ 32'\ 12''$

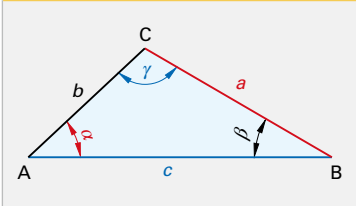
Fonctions trigonométrique sur un cercle



Valeurs spéciales de fonction trigonométrique

Angle α	0°	30°	45°	60°	90°
Fonction					
Sinus α	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{3}$	1
Cosinus α	1	$\frac{1}{2} \sqrt{3}$	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0
Tangente α	0	$\frac{1}{3} \sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞
Cotangente α	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3} \sqrt{3}$	0

Fonctions trigonométriques dans un triangle



a, b, c Longueur du côté (mm)
 α, β, γ Angles faisant face aux côtés a, b, c (°)

Loi des sinus

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

Loi des cosinus

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta$$
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$$

Calculs de pourcentages, d'intérêts, de rapports et de mélanges

Calcul de pourcentage

Exemple 1 : Pièce brute 3,36 kg ; pièce finie 2,8 kg ; Déchets de coupe = ? %

Solution : Déchets de coupe = 3,36 kg – 2,8 kg = 0,56 kg

$$p = \frac{100 \cdot V_r}{V_b} = \frac{100 \cdot 0,56}{2,8} = 20 \%$$

Exemple 2 : Prix de vente (valeur finale) 3600,00 €
Gain 20 % ; prix d'achat (valeur de base) = ? €

Solution : $V_b = \frac{100 \cdot V_{\max}}{100 + p} = \frac{100 \cdot 3600}{100 + 20} = 3000,00 \text{ €}$

p Pourcentage en %
Il indique combien de centièmes de la valeur de base doivent être pris

V_b Valeur de base
C'est la valeur à laquelle on se réfère pour calculer des pourcentages

V_r Valeur relative
C'est la partie de la valeur de base qui correspond au pourcentage. Elle a la même unité que la valeur de base

$V_{\max}$ Valeur finale (valeur de base + valeur en pourcentage)

$V_{\min}$ Valeur finale (valeur de base - valeur en pourcentage)

$$p = \frac{100 \cdot V_r}{V_b}$$

$$V_b = \frac{100 \cdot V_r}{p}$$

$$V_r = \frac{V_b \cdot p}{100}$$

$$V_b = \frac{100 \cdot V_{\max}}{100 + p}$$

$$V_b = \frac{100 \cdot V_{\min}}{100 - p}$$

Calcul de capital et d'intérêt

Exemple 1 : Un capital de 2000,00 € est rémunéré à 3 % pendant six mois. Quel est l'intérêt ?

Solution : $I = \frac{C \cdot t \cdot n}{100} = \frac{2000 \cdot 3 \cdot 0,5}{100} = 30,00 \text{ €}$

Exemple 2 : $t = 7,5 \%$; $n = 90$ jours
 $I = 281,25 \text{ €}$; $C = ? \text{ €}$

Solution : $C = \frac{100 \cdot 360 \cdot I}{t \cdot n} = \frac{100 \cdot 360 \cdot 281,25}{7,5 \cdot 90} = 15\,000,00 \text{ €}$

I Intérêt en €
 t Taux d'intérêt en %
 C Capital en €
 n Temps en années ou en jours

1 année d'intérêt $\triangleq$ 360 jours
1 mois d'intérêt $\triangleq$ 30 jours

Intérêt annuel

$$I = \frac{C \cdot t \cdot n}{100}$$

$$C = \frac{100 \cdot I}{t \cdot n}$$

$$t = \frac{100 \cdot I}{C \cdot n}$$

$$n = \frac{100 \cdot I}{C \cdot t}$$

Intérêt journalier

$$I = \frac{C \cdot t \cdot n}{100 \cdot 360}$$

Calcul de rapports

Exemple :

Pente, par ex. 1 : 50

Inclinaison, par ex. 1 : 20

Rapport de transmission, par ex. 3,8 : 1 = 3,8

Rapport de compression, par ex. 10,3 : 1 = 10,3

Le quotient de deux nombres est aussi appelé rapport. Equation de rapport (proportion) : Si deux rapports ont la même valeur, ils peuvent être reliés par des signes égaux. Une équation de rapport à 4 termes est obtenue.

$$a : b = \frac{a}{b}$$

$$a : b = c : d$$

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

Rapports de mélange

Exemple : 27,5 l de liquide de refroidissement doivent être mélangés dans un rapport de 4 : 7 (antigel : eau).

Quantité d'antigel = ? litres

Quantité d'eau = ? litres

Solution : $m_1 = \frac{m \cdot x_1}{x} = \frac{27,5 \cdot 4}{11} = 10 \text{ l}$

$$m_2 = m - m_1 = 27,5 \text{ l} - 10 \text{ l} = 17,5 \text{ l}$$

ou $m_2 = \frac{m \cdot x_2}{x} = \frac{27,5 \cdot 7}{11} = 17,5 \text{ l}$

m Quantité totale
 m_1 Quantité partielle 1
 m_2 Quantité partielle 2
 x Nombre de parties totales
 x_1 Nombre de parties partielles 1
 x_2 Nombre de parties partielles 2

$$m = m_1 + m_2 + \dots$$

$$x = x_1 + x_2 + \dots$$

$$\frac{m}{m_1} = \frac{x}{x_1}$$

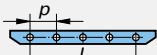
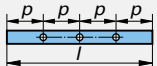
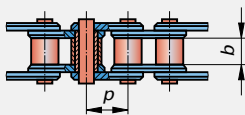
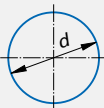
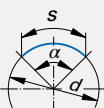
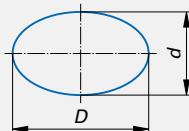
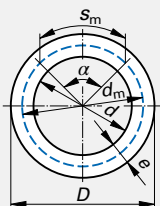
$$m_1 = \frac{m \cdot x_1}{x}$$

$$x_1 = \frac{m_1 \cdot x}{m}$$

$$m = \frac{m_1 \cdot x}{x_1}$$

$$x = \frac{m \cdot x_1}{m_1}$$

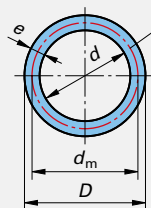
Longueurs

Echelles					l_d Longueur sur le dessin ; Dimension du dessin (agrandie, réduite ou réelle) l_r Longueur réelle M Echelle (rapport)	$l_d = l_r \cdot M$ $l_r = \frac{l_d}{M}$ $M = \frac{l_d}{l_r}$	
Agrandissement	2 : 1	5 : 1	10 : 1	20 : 1			
Grandeur naturelle	1 : 1 Longueur du dessin = longueur réelle						
Réduction	1 : 2	1 : 5	1 : 10	1 : 20			
Répartition							
					Entre-axe p	Nombre de trous n	Longueur à diviser l
					$p = \frac{l}{n-1}$	$n = \frac{l}{p} + 1$	$l = p \cdot (n-1)$
					$p = \frac{l}{n+1}$	$n = \frac{l}{p} - 1$	$l = p \cdot (n+1)$
					$p = \frac{\pi \cdot d}{n}$	$n = \frac{\pi \cdot d}{p}$	$l = C = n \cdot p$ $l = C = \pi \cdot d$
Longueur de chaîne							
					l Longueur de chaîne p Pas b Largeur intérieur du maillon x Nombre de maillon	$l = p \cdot x$ $p = \frac{l}{x}$ $x = \frac{l}{p}$	
Longueurs incurvées							
					C Circonférence d Diamètre	$C = \pi \cdot d$ $d = \frac{C}{\pi}$	
					s Longueur d'arc d Diamètre α Angle au centre en °	$s = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$ $\alpha = \frac{360^\circ \cdot s}{\pi \cdot d}$ $d = \frac{360^\circ \cdot s}{\pi \cdot \alpha}$	
					C Circonférence D Grand diamètre d Petit diamètre R Rayon r Rayon	$C \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$ $D \approx \frac{2 \cdot C}{\pi} - d$ $d \approx \frac{2 \cdot C}{\pi} - D$ Plus précis : $C = \pi \cdot \sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)}$	
					S_m Longueur d'arc moyenne d_m Diamètre moyen D Diamètre extérieur d Diamètre intérieur α Angle au centre en ° e Epaisseur C_m Circonférence moyenne	$S_m = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$ $C_m = \pi \cdot d_m$ $d_m = \frac{D+d}{2}$ $d_m = D - e$ $d_m = d + e$	

M

Longueurs développées, rayons de courbure, bordages, rabattements

Longueurs développées



D Diamètre extérieur
 d Diamètre intérieur
 d_m Diamètre moyen
 (Diamètre de la fibre neutre)
 e Epaisseur
 l Longueur développée (long. de la fibre neutre)
 α Angle au centre

Exemple (couronne) :

$D = 45 \text{ mm}$; $s = 4 \text{ mm}$; $l = ? \text{ mm}$
 $d_m = D - e = 45 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 41 \text{ mm}$
 $l = \pi \cdot d_m = \pi \cdot 41 \text{ mm} = 128,8 \text{ mm}$

Exemple (segment de couronne) :

$D = 53 \text{ mm}$; $s = 4 \text{ mm}$; $d_m = ?$; $\alpha = 250^\circ$; $l = ? \text{ mm}$
 $d_m = D - e = 53 \text{ mm} - 4 \text{ mm} = 49 \text{ mm}$
 $l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{\pi \cdot 49 \text{ mm} \cdot 250^\circ}{360^\circ} = 106,9 \text{ mm}$

Longueur développée de la couronne

$$l = \pi \cdot d_m$$

Diamètre moyen

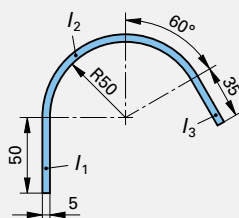
$$d_m = D - e$$

$$d_m = d + e$$

Longueur développée d'un segment de la couronne

$$l = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ}$$

Longueurs combinées, par ex. le pliage des aciers plats.



1. Division en long. individuelles
2. Calcul des long. individuelles
3. Calcul de la long. totale en additionnant les longueurs individuelles

R Rayon de courbure (rayon intérieur)
 d_m Diamètre moyen
 e Epaisseur
 L Longueur combinée (longueur développée)
 l_1, l_2 Longueurs partielles
 α Angle au centre

Exemple (longueur combinée, image de gauche) :
 $R = 50 \text{ mm}$; $l_1 = 50 \text{ mm}$; $l_3 = 35 \text{ mm}$; $e = 5 \text{ mm}$
 $\alpha = 60^\circ$; $d_m = ?$; $L = ? \text{ mm}$
 $d_m = 2 \cdot R + s = 2 \cdot 50 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 105 \text{ mm}$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = l_1 + \frac{\pi \cdot d_m \cdot \alpha}{360^\circ} + l_3$$

$$L = 50 \text{ mm} + \frac{\pi \cdot 105 \text{ mm} \cdot (90^\circ + 60^\circ)}{360^\circ} + 35 \text{ mm} = 222,4 \text{ mm}$$

Longueurs combinées

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n$$

Dans le cas de pièces pliées, le rayon de courbure est généralement R (rayon intérieur) qui s'applique

$$d_m = 2 \cdot R + e$$

Rayon de courbure minimal autorisé pour les pièces cintrées en aluminium

Selon DIN 5520

Matériau	Etat de la matière	Epaisseur s en mm							
		0,8	1	1,5	2	3	4	5	6
		Rayon de courbure minimum $r^{(1)}$ en mm							
AlMg3-01	Recuit doux	0,6	1	2	3	4	6	8	10
AlMg3-H14	Ecroui à froid	1,6	2,5	4	6	10	14	18	—
AlMg4,5Mn-H112	Recuit doux, dressé	1	1,5	2,5	4	6	8	10	14
AlMg4,5Mn-H111	Recuit doux et dressé	1,6	2,5	4	6	10	16	20	25
AlMgSi1-T6	Recuit de remise en solution	4	5	8	12	16	23	28	38

¹⁾ Pour un rayon de courbure $\alpha = 90^\circ$, indépendamment du sens de laminage

Rayon de courbure minimal autorisé pour le pliage à froid de l'acier

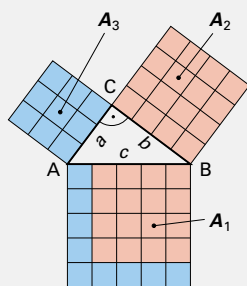
Selon DIN 6935

Résistance min. à la traction R_m en N/mm^2 de ... jusqu'à	Rayon de courbure minimum ¹⁾ R pour des épaisseurs de tôles s en mm													
	1	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	20
jusqu'à 390	1	1,6	2,5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	40
390...490	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	32	45
490...640	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	50

¹⁾ Les valeurs s'appliquent aux angles de pliage $\alpha < 120^\circ$ et au pliage perpendiculaire à la direction du laminage. En cas de pliage dans le sens du laminage et d'angles de pliage $\alpha > 120^\circ$, la valeur de l'épaisseur de tôle supérieure doit être sélectionnée. La valeur r peut remplacer la valeur s .

Surfaces, volumes

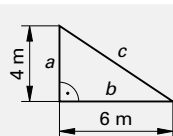
Théorème de Pythagore



Dans un triangle rectangle, l'aire du carré de l'hypoténuse est égale à la somme des aires des carrés des deux cathètes.

c Hypoténuse – côté opposé à l'angle droit
 a, b Cathètes – côtés formant l'angle droit
 A_1, A_2, A_3 Aires

Exemple : $a = 4 \text{ m}$; $b = 6 \text{ m}$; $c = ? \text{ m}$



$$\begin{aligned} \text{Solution : } c &= \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(4 \text{ m})^2 + (6 \text{ m})^2} = \\ &= \sqrt{16 \text{ m}^2 + 36 \text{ m}^2} = \sqrt{52 \text{ m}^2} = \mathbf{7,21 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$A_1 = A_2 + A_3$$

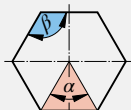
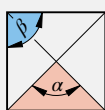
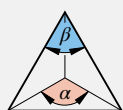
$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

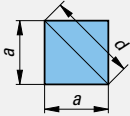
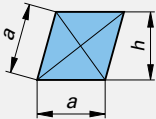
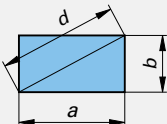
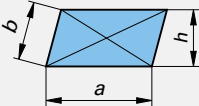
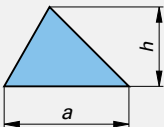
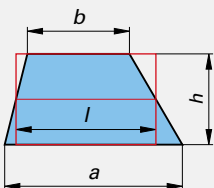
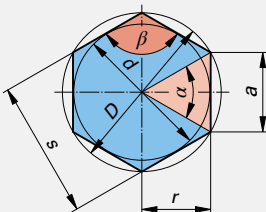
Polygones réguliers



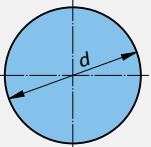
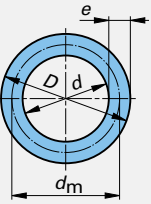
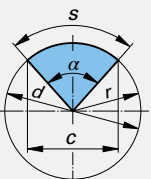
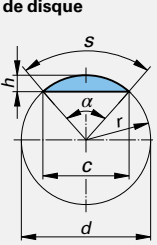
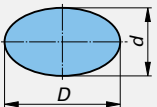
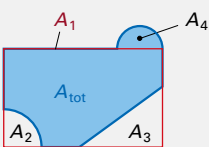
Ce qui suit s'applique aux polygones réguliers :

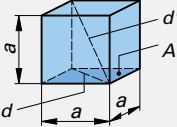
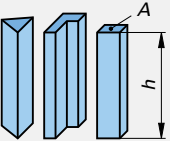
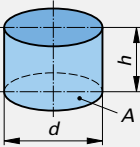
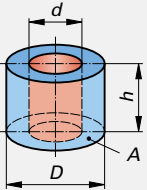
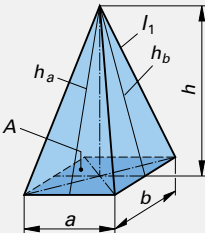
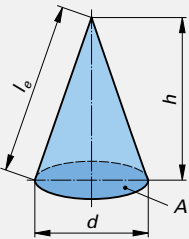
Angle intérieur $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$
 Angle extérieur $\beta = \frac{(n-2) \cdot 180^\circ}{n}$ $\beta = 180^\circ - \alpha$
 n Nombre d'angles

Polygones réguliers n Nombre d'angles	$\varnothing$ de circonférence D Long. entre pointes e	$\varnothing$ du cercle inscrit d Ouverture de clés s	Long. du côté / Périmètre p	Aire totale A
Triangle $n = 3$	 $D = 1,154 \cdot l$ $D = 2 \cdot d$	$d = 0,578 \cdot l$ $d = 0,5 \cdot D$	$l = 0,866 \cdot D$ $l = 1,730 \cdot d$ $p = l \cdot n$	$A = 0,325 \cdot D^2$ $A = 1,299 \cdot d^2$ $A = 0,433 \cdot l^2$
Carré $n = 4$	 $D = 1,414 \cdot l$ $D = 1,414 \cdot d$ $D = e$	$d = l$ $d = 0,707 \cdot D$ $d = s$	$l = 0,707 \cdot D$ $l = d$ $p = l \cdot n$	$A = 0,5 \cdot D^2$ $A = d^2$ $A = l^2$
Hexagone $n = 6$	 $D = 2 \cdot l$ $D = 1,155 \cdot d$ $D = e$	$d = 1,732 \cdot l$ $d = 0,866 \cdot D$ $d = s$	$l = 0,5 \cdot D$ $l = 0,577 \cdot d$ $p = l \cdot n$	$A = 0,649 \cdot D^2$ $A = 0,866 \cdot d^2$ $A = 2,598 \cdot l^2$
Octogone $n = 8$	 $D = 2,614 \cdot l$ $D = 1,082 \cdot d$ $D = e$	$d = 2,414 \cdot l$ $d = 0,924 \cdot D$ $d = s$	$l = 0,383 \cdot D$ $l = 0,414 \cdot d$ $p = l \cdot n$	$A = 0,707 \cdot D^2$ $A = 0,829 \cdot d^2$ $A = 4,828 \cdot l^2$
Dodécagone $n = 12$	 $D = 3,864 \cdot l$ $D = 1,035 \cdot d$ $D = e$	$d = 3,732 \cdot l$ $d = 0,966 \cdot D$ $d = s$	$l = 0,259 \cdot D$ $l = 0,268 \cdot d$ $p = l \cdot n$	$A = 0,750 \cdot D^2$ $A = 0,804 \cdot d^2$ $A = 11,196 \cdot l^2$

Surfaces délimitées par des lignes droites					
Carré $a = a$		$a = \sqrt{A}$ $d = a \sqrt{2} = 1,414 \cdot a$ $a = \frac{d}{1,414} = 0,707 \cdot d$	$a = a$ $p = 4 \cdot a$	$A = a^2$	
Losange		$a = \frac{A}{h}$ $h = \frac{A}{a}$ $p = 4 \cdot a$		$A = a \cdot h$	
Rectangle		$b = \frac{A}{a}$ $a = \frac{A}{b}$ $d = \sqrt{a_2^2 + b_2^2}$ $p = 2 \cdot a + 2 \cdot b$	$a = \frac{p - 2 \cdot b}{2}$ $b = \frac{p - 2 \cdot a}{2}$	$A = a \cdot b$	
Parallélogramme		$a = \frac{A}{b}$ $b = \frac{A}{a}$ $p = 2 \cdot a + 2 \cdot b$	$a = \frac{p - 2 \cdot b}{2}$ $b = \frac{p - 2 \cdot a}{2}$	$A = a \cdot b$	
Triangle		$a = 2 \cdot \frac{A}{h}$ $h = 2 \cdot \frac{A}{a}$ $p = \text{Somme de tous les côtés}$		$A = \frac{a \cdot h}{2}$	
Trapèze		$a = \frac{2 \cdot A}{h} - b$ $b = \frac{2 \cdot A}{h} - a$ $a = 2 \cdot l - b$ $p = \text{Somme de tous les côtés}$	$h = \frac{2 \cdot A}{a + b}$ $l = \frac{a + b}{2}$ $b = 2 \cdot l - a$	$A = \frac{a + b}{2} \cdot h$ $A = l \cdot h$	
Polygones réguliers	 α Angle intérieur β Angle extérieur s Ouverture de clé D Diamètre circonférence d Diamètre cercle inscrit	$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ $\beta = \frac{(n - 2) \cdot 180^\circ}{n}$ $\beta = 180^\circ - \alpha$ $a = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$ $a = D \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ $d = \sqrt{D^2 - a^2}$ $r = \frac{s}{2} = \frac{d}{2}$	$p = a \cdot n$	$A = \frac{a \cdot r \cdot n}{2}$ $A = \frac{n \cdot a \cdot d}{4}$ A Aire totale d Diamètre cercle inscrit n Nombre d'angle a Longueur du côté r Rayon cercle inscrit	
A Surface	a, b Côtés	l Longueur moyenne	h Hauteur	p Périmètre	n Nombre d'angles

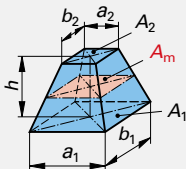
Zones délimitées en forme de cercle ou d'arc

Cercle 	$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{A}{0,785}}$ $r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ $C = \pi \cdot d$	$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $A = 0,785 \cdot d^2$ $A = \pi \cdot r^2$
Couronne 	$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot A}{\pi}}$ $d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot A}{\pi}}$ $A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ $A_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$ $A = \pi \cdot d_m \cdot e$ $A = A_2 - A_1$
Secteur de disque 	$c = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ $s = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$ $p = s + 2 \cdot r$ <i>s</i> Longueur d'arc <i>α</i> Angle au centre	$A = \frac{s \cdot r}{2}$ $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$
Segment de disque 	$s = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360^\circ}$ $h = r - \sqrt{r^2 - c^2/4}$ $h = \frac{c}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{4}$ $c = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot h \cdot r - h^2}$ $c = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$ $r = \frac{h}{2} + \frac{c^2}{8 \cdot h}$ $r = \frac{2 \cdot A - h \cdot c}{s - c}$ <i>c</i> Longueur (Segment) <i>h</i> Hauteur $C = c + s$	$A = \frac{s \cdot r - c \cdot (r - h)}{2}$ $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{c \cdot (r - h)}{2}$ $A \approx \frac{2 \cdot c \cdot h}{3}$
Ellipse  <i>D</i> Grand diamètre <i>d</i> Petit diamètre	$D = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d}$ $C \approx \pi \cdot \frac{D + d}{2}$ Plus précisément : $C \approx \pi \cdot \sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)}$ $d = \frac{4 \cdot A}{\pi \cdot D}$	$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$
Surfaces mixtes		
	Les surfaces mixtes sont divisées en surfaces partielles pour calculer leur superficie totale. La surface totale est obtenue en additionnant et en soustrayant les surfaces partielles.	$A_{\text{tot}} = A_1 - A_2 - A_3 + A_4$ De manière générale : $A_{\text{tot}} = A_1 \pm A_2 \pm A_3 \pm \dots$
<i>A</i> Surface <i>C</i> Circonférence	<i>D, d</i> Diamètre <i>R, r</i> Rayon	<i>s</i> Long. d'arc <i>c</i> Long. segment <i>h</i> Hauteur <i>p</i> Périmètre <i>α</i> Angle au centre <i>d_m</i> Diamètre moyen

Corps d'épaisseur égale					
Cube 		$a = \sqrt[3]{V}$ $d = 1,414 \cdot a$ $d' = 1,732 \cdot a$ $a_{\text{tot}} = 12 \cdot a$ $A_l = 4 \cdot A = 4 \cdot a^2$ $A_{\text{tot}} = 6 \cdot A = 6 \cdot a^2$		$V = a \cdot a \cdot a$ $V = a^3$	
Prisme 		$A = \frac{V}{h}$ $h = \frac{A}{V}$		$V = A \cdot h$	
Cylindre 		$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A = \frac{V}{h}$ $A_l = \pi \cdot d \cdot h$ $A_{\text{tot}} = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$ $h = \frac{A}{V}$	$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$ $V = A \cdot h$	
Cylindre creux 		$h = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (D^2 - d^2)}$ $D = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ $A_{\text{tot}} = \pi \cdot h \cdot (D + d) + 2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$	$d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	$V = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot h$ $V = (A_1 - A_2) \cdot h$ $V = V_1 - V_2$	
Corps pointus					
Pyramide 		$h = \frac{3 \cdot V}{a \cdot b}$ $A = \frac{3 \cdot V}{h}$ $h_a = \sqrt{h^2 + b^2/4}$ $l_1 = \sqrt{h_a^2 + b^2/4}$ $A_l = h_a \cdot a + h_b \cdot b$ $A_{\text{tot}} = A_e + A$	$b = \frac{3 \cdot V}{a \cdot h}$ $h = \frac{3 \cdot V}{A}$ $h_b = \sqrt{h^2 + a^2/4}$ $l_1 = \sqrt{h_a^2 + a^2/4}$	$a = \frac{3 \cdot V}{b \cdot h}$	$V = \frac{a \cdot b \cdot h}{3}$ $V = \frac{A \cdot h}{3}$
Cône 		$d = \sqrt{\frac{12 \cdot V}{\pi \cdot h}}$ $A = \frac{3 \cdot V}{h}$ $A_l = \pi \cdot r \cdot \sqrt{h^2 + r^2}$ $A_l = \pi \cdot r \cdot l_e$ $A_{\text{tot}} = A_l + A$	$h = \frac{12 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$ $h = \frac{3 \cdot V}{A}$ $A_l = \frac{\pi \cdot d \cdot l_e}{2}$ $l_e = \sqrt{h^2 + r^2}$		$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$ $V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$ $V = \frac{A \cdot h}{3}$
V Volume	l Longueur	h _a Hauteur de la face a	r Rayon	d Diagonale de l'aire	
A Aire	b Largeur	h _b Hauteur de la face b	A _l Aire latérale	d' Diagonale du volume	
h Hauteur	D, d Diamètres	l _e Longueur enveloppe	A _{tot} Aire totale		

Corps tronqués

Pyramide tronquée

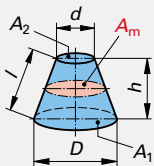


$$A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$V = \frac{h \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})}{3}$$

$$V \approx A_m \cdot h$$

Cône tronqué



$$A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$A_e = \frac{\pi \cdot (D + d) \cdot l}{2}$$

$$l = \sqrt{h^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

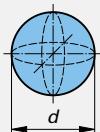
$$V = \frac{\pi \cdot h \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)}{12}$$

$$V \approx A_m \cdot h$$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_2 + A_e$$

Sphère

Sphère entière



$$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{V}{0,524}}$$

$$d \approx 1,24 \cdot \sqrt[3]{V}$$

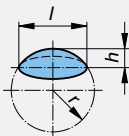
$$A_{\text{tot}} = \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{A_{\text{tot}}}{\pi}}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$$

$$V = 0,524 \cdot d^3$$

Segment de sphère



$$A_e = \pi \cdot d \cdot h$$

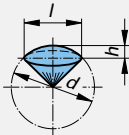
$$A_e = \frac{\pi \cdot (l^2 + 4 \cdot h^2)}{4}$$

$$A_{\text{tot}} = \pi \cdot h \cdot (4 \cdot r - h)$$

$$V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(r - \frac{h}{3}\right)$$

$$V = \pi \cdot h \cdot \left(\frac{l^2}{8} + \frac{h^2}{6}\right)$$

Secteur sphérique



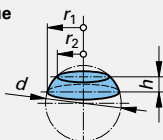
$$A_e = A_{\text{tot}}$$

$$A_{\text{tot}} = \frac{\pi \cdot d \cdot (4 \cdot h + l)}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot V}{\pi \cdot h}}; \quad h = \frac{6 \cdot V}{\pi \cdot d^2}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{6}$$

Zone sphérique

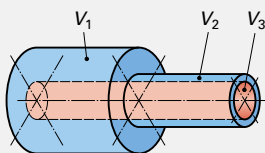


$$A_e = \pi \cdot d \cdot h$$

$$A_{\text{tot}} = \pi \cdot (d \cdot h + r_1^2 + r_2^2)$$

$$V = \frac{\pi \cdot h \cdot (3 \cdot r_1^2 + 3 \cdot r_2^2 + h^2)}{6}$$

Corps mixtes



Les corps mixtes sont divisés en corps partiels pour calculer leur volume total.

Le volume total est obtenu par l'addition et la soustraction des corps partiels.

$$V_{\text{tot}} = V_1 + V_2 - V_3$$

En règle générale :

$$V_{\text{tot}} = V_1 \pm V_2 \pm V_3 \pm \dots$$

V Volume

A_{tot} Aire totale

A Aire

b Largeur

d_m Diamètre moyen

A_m Aire moyenne

A_2 Aire supérieure

h Hauteur

r Rayon

l Longueur,

A_1 Aire de base

A_e Aire enveloppe

a Longueur

D, d Diamètres

longueur enveloppe