

Sous la direction de Gregor Häberle

DUNOD **TECH**

Génie électrique

-  Circuits et composants
-  Installations électriques
-  Énergie et sécurité
-  Automatismes, régulation et systèmes d'information

DUNOD

Cet ouvrage est un ouvrage collectif auquel ont participé Gregor Häberle, Heinz Häberle, Hans-Walter Jöckel, Rudolf Krall, Berndt Schiemann, Siegfried Schmitt et Klaus Tkotz sous la direction de Gregor Häberle.

Traduction autorisée depuis l'allemand de l'ouvrage paru sous le titre *Tabellenbuch Elektrotechnik*
Copyright 2011 (24^e édition) : Verlag Europa-Lehrmittel
Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten (Allemagne).

Traduit de l'allemand par Équivalangue.

Relecture et adaptation de la version française par Pierre Mayé, agrégé de physique, ingénieur et enseignant.

Maquette de couverture : Ici et ailleurs

Mise en pages de la version française : Datagraphix

Toutes les marques citées dans cet ouvrage sont des marques déposées par leurs propriétaires respectifs.

© Dunod, 2014 pour la version française
© Dunod, 2020 pour la nouvelle présentation

11, rue Paul Bert - 92240 Malakoff

www.dunod.com

EAN : 9782100818372

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

MATHÉMATIQUES, PHYSIQUE,
THÉORIE DES CIRCUITS ET COMPOSANTS
11 ... 66

1

DOCUMENTATION TECHNIQUE, MESURES
67 ... 118

2

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES
119 ... 192

3

SÉCURITÉ, ALIMENTATION ÉLECTRIQUE
193 ... 268

4

SYSTÈMES D'INFORMATION
ET DE COMMUNICATION
269 ... 318

5

SYSTÈMES D'AUTOMATISATION, D'ENTRAÎNEMENT,
DE COMMANDE ET DE RÉGULATION
319 ... 402

6

MATÉRIAUX, TECHNIQUE D'ASSEMBLAGE
403 ... 434

7

L'ENTREPRISE ET SON ENVIRONNEMENT,
TECHNIQUE DE L'ENVIRONNEMENT, ANNEXES
435 ... 512

8

La collection « DunodTech »

Véritable base de données techniques, chaque ouvrage de la collection « DunodTech » a été conçu avec l'objectif de rassembler dans un même livre tous les savoirs utiles d'un domaine technique (formules, tableaux de valeurs, schémas d'installation, abaques, conventions graphiques, unités et symboles, normes...).

Toutes ces connaissances ont été :

- **réunies** de manière à ce que l'ouvrage soit exhaustif ;
- **ordonnées** de manière à être facilement trouvées ou retrouvées ;
- **synthétisées** de manière à être rapidement comprises ;
- **présentées** de manière lisible et claire pour être assimilées efficacement.

Des ouvrages qui vous seront très utiles aussi bien pendant votre formation qu'au cours de votre vie professionnelle.

Ce formulaire de **Génie électrique** est la traduction d'un ouvrage de référence publié en Allemagne depuis de très nombreuses années. Cette première édition française correspond à la 24^e édition allemande.

La traduction française a été revue en totalité et adaptée aux normes et aux conventions en vigueur en France par M. Pierre Mayé, enseignant en BTS et en école d'ingénieurs, et auteur de plusieurs ouvrages techniques dans ce domaine.

Partie 1 :**Mathématiques, physique, théorie des circuits et composants**

Symboles	12
Indices	13
Symboles internationaux	14
Grandeurs et unités	15
Symboles mathématiques	17
Puissances, préfixes, logarithmes, règle de trois	18
Angles, fonctions trigonométriques, calcul de pourcentages	19
Relations entre les fonctions trigonométriques	20
Longueurs et surfaces	21
Solides et masse	22
Masse, force, pression, moment de force	23
Cinématique	24
Travail mécanique, puissance mécanique, énergie	25
Transmissions	26
Poulies, coins, treuils	27
Chaleur	28
Charge, tension, intensité du courant, résistance	29
Puissance électrique, travail électrique	30
Champ électrique, condensateur	31
Grandeurs alternatives, longueur d'onde	32
Puissance en courant alternatif	
sinusoïdal, impulsions	33
Champ magnétique, bobine	34
Amplitudes des champs électriques et magnétiques	35
Courant dans un champ magnétique, induction	36
Circuits avec des résistances	37
Orientations, lois de Kirchhoff	38
Potentiomètre	39
Source de tension équivalente, source de courant équivalente, adaptation	40
Montages de base de bobines et de condensateurs	41
Circuits RC et RL	42
Montage en série de R, L, C	43
Montage en parallèle de R, L, C	44
Montage en série équivalent et montage en parallèle équivalent	45
Filtres simples	46
Courant triphasé	47
Charge déséquilibrée, transformation de circuits, montage en pont	48
Harmoniques	49
Résistances et condensateurs	50
Code des couleurs des résistances et des condensateurs	51
Types de résistances et de condensateurs	52
Groupes d'application et structure des condensateurs	53
Résistances à semi-conducteur	54
Termes relatifs aux redresseurs	55
Diodes	56
Transistors à effet de champ, transistors bipolaires à grille isolée	57
Transistors bipolaires	58
Thyristors	59
Types de thyristors et diodes de déclenchement	60
Formes de boîtiers des diodes, transistors et CI	61
Composants dépendant du champ magnétique	62
Composants optoélectroniques	63
Circuit de protection de diodes et de transistors	64
Composants pour la protection contre les surtensions	65
Refroidissement des composants à semi-conducteur	66

Partie 2 :**Documentation technique, mesures**

Représentation graphique des courbes caractéristiques	68
Dessins techniques généraux	69
Représentation graphique des solides	70
Flèches de cote, représentations particulières	71
Cotation	72

Cotation, hachures	73
Schémas électriques comme documents fonctionnels ..	74
Autres documents fonctionnels	75
Documents se rapportant à l'implantation et aux liaisons	76
Marquage dans les schémas électriques	77
Lettres de code des objets (matériel)	78
Sous-classes pour les rôles des objets	79
Marquage des contacts dans les schémas des circuits ..	80
Symboles électriques	81
Symboles électriques généraux	82
Symboles électriques supplémentaires, interrupteurs dans une installation électrique	83
Instruments et appareils de mesure	84
Composants à semi-conducteur	85
Éléments logiques	86
Traitement analogique des informations, compteurs et dispositifs de changement de tarif	88
Convertisseurs électroacoustiques et antennes	89
Symboles pour les schémas électriques d'installation et les schémas d'installation	90
Schéma électrique d'installation	92
Symboles électriques pour les schémas généraux	93
Bobines, transformateurs, générateurs tournants	94
Moteurs monophasés à courant alternatif et démarreurs	95
Moteurs triphasés et démarreurs	96
Moteurs avec alimentation par convertisseur	97
Comparaison des symboles électriques	98
Commandes hydrauliques et pneumatiques	100
Symboles du génie des procédés	101
Élaboration d'une documentation pour équipements ou installations	102
Structure et contenu d'un mode d'emploi	103
Appareils et systèmes de mesure électrique	104
Pictogrammes utilisés en technique de mesure	105
Circuits de mesure des résistances	106
Extension de la plage de mesure	107
Mesure dans les installations électriques	108
Dispositifs de mesure de puissance	110
Compteurs d'énergie électrique	111
Compteurs électroniques d'énergie électrique	112
Oscilloscope	113
Mesures avec l'oscilloscope	114
Mesure de déplacement et d'angle avec des capteurs ..	115
Mesure de force et de pression avec des capteurs	116
Mesure de mouvement avec des capteurs	117
Mesure de température avec des capteurs	118

Partie 3 :**Installations électriques**

Travaux sur les installations électriques	120
Équipement d'un atelier	121
Pose des câbles, travaux sur les câbles	122
Coupure, circuit série	123
Circuit va-et-vient, permutateur	124
Minuterie d'éclairage d'escalier, installation de sonnettes avec ouvre-porte	125
Circuits avec télérupteur	126
Circuits de motorisation des volets roulants, des bannes et des stores	127
Interphones	129
Portiers à deux fils	130
Circuits de lampes avec variateurs	131
Variateur à bouton-poussoir types de variateurs	132
Interrupteurs automatiques avec capteur thermique	133
Interrupteur automatique avec détecteur de mouvements à ultrasons	134
Installation électrique avec lampes halogènes BT	135
Installation électrique à champ réduit	136
Gestion technique du bâtiment et domotique	137
Lignes et domaines dans un système KNX	138
Symboles de circuit du KNX	139
Composants de systèmes KNX	140
Actionneurs et appareils spéciaux pour le KNX	141
Capteurs pour KNX	142

Actionneurs pour KNX	143	Mesures de protection, classes de protection	200
KNX à courant porteur	144	Schémas des liaisons à la terre (SLT)	201
Configuration et mise en service de KNX	145	Protection contre les chocs électriques	202
LON	146	Dispositifs à courant différentiel	203
Composants de LON	147	Protection en cas de défaut par coupure automatique de l'alimentation	204
Installation électrique avec commande sans fil	148	Autres mesures de protection	205
LCN	150	Autres protections en cas de défaut dans des installations surveillées par des professionnels	206
Branchement domestique avec liaison équipotentielle de protection	151	Conducteurs pour les mesures de protection	207
Câbles principaux dans les immeubles d'habitation	152	Vérification des mesures de protection	208
Installation du tableau de compteur	153	Vérifications répétitives	209
Équipement électrique minimal dans les bâtiments d'habitation, tableaux de compteur	154	Réparation, modification et vérification d'appareils électriques	210
Câblage dans les bâtiments d'habitation	155	Transformateurs et bobines d'arrêt, vérification de l'isolement	212
Calcul des lignes sans dérivation	156	Calcul des transformateurs	213
Calcul des lignes avec dérivation	158	Petits transformateurs	214
Protection des lignes contre les surcharges et les courts-circuits	159	Types de centrales électriques	215
Modes de pose pour une installation fixe	160	Générateurs tournants	216
Intensités admissibles dans les câbles et les lignes pour $\vartheta_a = 25^\circ\text{C}$	161	Classes d'isolation, plaques signalétiques des transformateurs	217
Intensités admissibles dans les câbles et les lignes pour $\vartheta_a = 30^\circ\text{C}$	162	Transformateurs triphasés	218
Intensités admissibles dans les lignes souples ou résistantes à la chaleur	163	Association en parallèle des transformateurs	219
Facteurs de correction pour les intensités admissibles	164	Réseaux électriques	220
Sections minimales des conducteurs, intensités admissibles des câbles de puissance	165	Lignes aériennes	221
Dispositifs de protection contre les surintensités (fusibles basse tension)	166	Réseaux aériens	222
Dispositifs de protection contre les surintensités	167	Flèche des lignes aériennes	223
Pièces avec baignoire ou douche	168	Pose de câbles souterrains	224
Pièces et installations de type particulier, travaux sous tension	169	Installations de production autonomes	225
Saunas et piscines	170	Installations d'énergie éolienne	226
Installation électrique dans les ateliers exposés au risque d'incendie	171	Photovoltaïque	227
Installation électrique dans les exploitations agricoles	172	Installations photovoltaïques	228
Installation électrique dans les zones à usage médical	173	Marquage des appareils électriques	229
Installation électrique dans les salles de cours avec dispositifs d'expérimentation	175	Piles à combustible	230
Installation électrique dans les zones exposées au risque d'explosion	176	Degrés de protection des matériels électriques	231
Alimentation électrique des ateliers et des salles des machines	177	Électrochimie	232
Techniques d'éclairage	178	Piles	233
Planification de l'éclairage des lieux de travail intérieurs	179	Accumulateurs	234
Facteurs de maintenance des éclairages des lieux de travail	180	Méthodes de charge des accumulateurs	235
Calcul des installations d'éclairage	181	Alimentation électrique de secours et éclairage de secours	236
Éclairage et éblouissement	182	Alimentations électriques de secours (AES)	237
Lampes à incandescence, lampes à vapeur métallique	183	Alimentations sans interruption (ASI)	238
Lampes à économie d'énergie, rendu des couleurs	184	Compatibilité électromagnétique (CEM)	239
Lampes à induction et câbles à fibres optiques	185	Interférences électromagnétiques (IEM)	240
Tubes fluorescents pour 230 V	186	Mesures contre les IEM	241
Ballasts électroniques pour tubes fluorescents	187	Installation intérieure de protection contre la foudre	242
Circuits des lampes à décharge	188	Installation extérieure de protection contre la foudre	243
Éclairage par DEL	189	Dispositifs de capture et conducteurs de descente	245
Lampes à DEL	190	Qualité de l'alimentation	246
Données photométriques des lampes	191	Compensation	247
Installations à tubes fluorescents	192	Compensation de puissance réactive	248
Partie 4 :		Surveillance du circuit final	250
Sécurité, alimentation électrique	193	Systèmes d'alarme et de surveillance	251
Premiers secours sur le lieu de travail	194	Systèmes de sécurité dans les bâtiments	252
Équipement de protection individuelle (EPI)	195	Installation de détection d'effraction	253
Panneaux pour la prévention contre des accidents	196	Surveillance vidéo	254
Signes et couleurs pour la prévention des accidents	197	Températures pour le calcul des besoins en chauffage	255
Santé au travail, sécurité au travail	198	Besoins de chaleur et conduction thermique des bâtiments	256
Types de contacts, risques liés au courant, types de défauts	199	Consommation annuelle d'énergie pour le chauffage et indice énergétique d'une maison individuelle	257
		Chauffage des bâtiments	258
		Chauffage au sol et au plafond	259
		Climatisation	260
		Plaques chauffantes pour cuisinières électriques	261
		Classes d'efficacité énergétique	262
		Potentiels d'économies d'énergie	263
		Marquage CE	264
		Chauffe-eau	265
		Appareils ménagers	266
		Pompes à chaleur	267
		Tarifs de l'électricité	268

Partie 5 :**Systèmes d'information et de communication 269**

Nombres binaires et codes binaires	270
Nombres hexadécimaux et octaux	271
Code ASCII en Unicode	272
Opérations binaires	273
Algèbre de Boole	274
Conception de circuits combinatoires	275
Convertisseurs de code	276
Bascules	277
Compteurs numériques et registres à décalage	278
Convertisseurs NA et convertisseurs AN	279
Modulation et démodulation	280
Micro-ordinateurs	281
Ordinateurs personnels PC	282
Afficheurs	283
Interfaces et connecteurs du PC	284
Couplages d'interface, convertisseurs d'interface	285
Système d'exploitation Windows	286
Éléments de l'interface utilisateur de Windows	287
Réseaux des techniques de l'information	288
Composants des réseaux de données	289
Communication par Éthernet	291
Installation d'un réseau Éthernet	292
Éthernet industriel	293
Transmission de signaux	294
Transmission de données sans fil	295
Réseau local sans fil	296
Systèmes d'identification	297
Système de bus AS-i	298
Interbus	299
PROFIBUS	300
Systèmes de commande à distance	301
Transducteurs de mesure et convertisseurs de signal pour systèmes de commande à distance	302
Convertisseur de mesure universels paramétrables	303
Connexion au réseau téléphonique	304
Télécommunication avec RNIS	305
Conception d'une installation RNIS	306
Accès à Internet	307
Recherches sur Internet	308
Sauvegarde et protection de données	309
Antennes, matériel pour installations d'antennes	310
Réception satellite	311
Installations satellite	312
Systèmes d'antennes pour récepteurs satellite	313
Télévision numérique terrestre	314
Installations d'antennes collectives	315
Construction d'installations d'antennes	316
Installations de communication à large bande	317
Câblage multimédia dans la maison	318

Partie 6 :**Systèmes d'automatisation, d'entraînement,
de commande et de régulation 319**

Circuits de base des amplificateurs	320
Bases de l'amplificateur opérationnel	321
Circuits à amplificateurs opérationnels	322
Types de convertisseurs de puissance	324
Désignation des convertisseurs de puissance	325
Circuits pour redresseurs et convertisseurs	326
Gradateurs, caractéristiques de commande	327
Quadrants de fonctionnement des entraînements, moteurs linéaires	328
Convertisseurs mixtes	329
Convertisseurs totalement commandés	330
Onduleurs	331
Hacheurs, convertisseurs avec circuit intermédiaire à tension continue	332
Convertisseurs avec circuit intermédiaire à tension continue	333
Circuits de déclenchement de semi-conducteurs	334
Lissage et stabilisation de tension	335
Bases des alimentations à découpage	336

Alimentations à découpage	337
Transistor et amplificateurs opérationnels en commutation	338
Relais statiques et relais à lames souples (relais reed) ..	339
Module de commande easy	340
Module de commande LOGO !	341
Structogrammes et organigrammes	342
Automates programmables industriels (API)	343
Couplages de signaux pour API et micro-ordinateurs	344
Instructions pour API	345
Exemples de programme pour API	347
Compteurs et horloges dans les API	348
Langage littéral structuré (ST), diagramme séquentiel de fonction (SFC)	349
Structure des programmes pour l'API S7	350
Commande séquentielle avec le GRAFCET	351
Identification alphanumérique des bornes	353
Technique de commande	354
Commande électronique des matériels d'utilisation	355
Valeurs limites de la puissance de branchement sur le réseau public	356
Circuits auxiliaires	357
Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité	358
Architectures de commandes	359
Équipement électrique basse tension des machines	360
Contacteurs	361
Types spéciaux de contacteurs	362
Marquage et commande des contacteurs	363
Catégories d'emploi et conditions d'essai des contacteurs	364
Circuits à contacteurs	365
Protection des moteur	367
Protection électronique des moteurs	368
Commande par commutateur de moteur	369
Détecteurs de proximité optoélectroniques (barrières lumineuses)	370
Détecteurs de proximité	371
Capteurs à ultrasons	372
Technique de régulation	373
Régulateurs non linéaires	374
Régulateurs continus numériques	375
Régulateurs continus analogiques	376
Régulation numérique	377
Réglage des boucles d'asservissement	378
Types de services et limites d'échauffement	380
Efficacité des entraînements électriques	381
Données de fonctionnement des moteurs à cage	382
Moteurs à cage refroidis par leur surface (moteurs normalisés)	383
Types de construction des machines électriques tournantes	384
Formules de calcul pour les machines électriques tournantes	385
Plaques signalétiques des machines électriques tournantes	386
Moteurs triphasés	387
Moteurs à changement de pôles	388
Diagnostic des pannes des moteurs asynchrones triphasés	389
Moteurs monophasés	390
Moteurs à courant continu	391
Servomoteurs	392
Commande de servomoteurs	393
Moteurs pas-à-pas	394
Micro-moteurs	395
Données des micro-entraînements réducteurs de micro-moteurs	396
Entraînements linéaires	397
Actionneurs piézoélectriques et entraînements piézoélectriques	398
Vérification des machines électriques	399
Technique d'entraînement	400
Choix d'un moteur d'entraînement	401
Démarrage des moteurs à cage	402

Partie 7 :

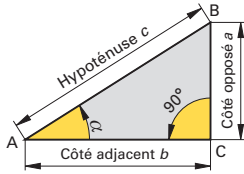
Matériaux, technique d'assemblage	403
Classification périodique, liaison chimique	404
Propriétés des matériaux	405
Désignation normalisée des aciers	406
Matériaux conducteurs en électricité (métaux non-ferreux)	407
Caractéristiques de magnétisation	408
Matériaux magnétiques	409
Soudures, bilames thermiques, balais	410
Matériaux de contact, lignes aériennes	411
Matériaux isolants	412
Matières plastiques utilisées comme isolants	414
Autres matériaux isolants	415
Matériaux auxiliaires	416
Conducteurs et câbles	417
Câbles de puissance	418
Câbles et conducteurs de puissance	419
Autres câbles pour installation fixe	420
Câbles pour le branchement des appareils mobiles	421
Conducteurs et câbles pour les installations de signal et d'alarme	422
Câbles dans les réseaux de données	423
Lignes pour éclairages à basse tension	424
Code de désignation de couleurs, câbles de puissance	425
Câbles de distribution d'énergie	426
Prises électriques	427
Connecteurs	428
Connecteurs RJ45 et RJ11	429
Connexions sans soudure	430
Conduits	431
Exemples de nomenclature des vis et écrous	432
Filetages métriques ISO	433
Tolérances et ajustements	434

Partie 8 :

L'entreprise et son environnement, ingénierie de l'environnement, annexes	435
Structures des entreprises	436
Organisation du travail	437
Planification du travail, méthode du réseau	438
Travail en équipe	439
Gestion des conflits	440
Analyse et conception des processus	441
Préparation d'une présentation	442
Présentation d'un projet	443
Diagrammes pour les présentations	444
Réalisation de projets	445
Marketing systémique	446
Communication avec les clients	447
Réalisation de formations du client	448
Convention collective	449
Actes juridiques de l'entreprise	450
Coûts et chiffres clés	451
Calcul des coûts	452
Établissement d'un devis	453
Cahier des charges, cahier des spécifications	454
Planification assistée par ordinateur d'une installation électrique	455
Exécution réelle de circuits d'installations	456
Certification, audit	457
Matières dangereuses	458
Phrases de risques (phrases H) pour les matières dangereuses	459
Conseils de prudence (phrases P) pour les matières dangereuses	460
Gestion des déchets électroniques	461
Normes	462
Normes importantes	463
Contenu de la norme française NF C 15-100	465
Installations électriques à basse tension	465
Glossaire	466
Sigles et acronymes	471
Anglais technique (anglais-français)	473
Liste de termes techniques	480
Répertoire des sources d'images	496

Mathématiques

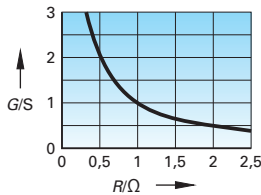
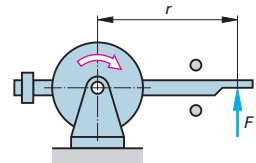
12



Symboles	12
Indices	13
Symboles internationaux	14
Grandeurs et unités	15
Symboles mathématiques	17
Puissances, préfixes, logarithmes, règle de trois	18
Angles, fonctions trigonométriques, calcul de pourcentages	19

Physique

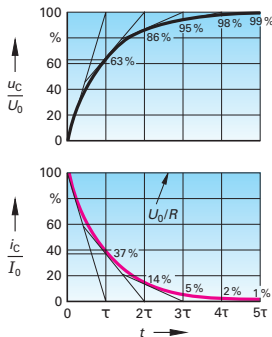
20



Relations entre les fonctions trigonométriques	20
Longueurs et surfaces	21
Solides et masse	22
Masse, force, pression, moment de force	23
Cinématique	24
Travail mécanique, puissance mécanique, énergie	25
Transmissions	26
Poulies, coins, treuils	27
Chaleur	28
Charge, tension, intensité de courant, résistance	29
Puissance électrique, travail électrique	30
Champ électrique, condensateur	31
Grandeurs alternatives, longueur d'onde	32
Puissance en courant alternatif sinusoïdal, impulsions	33
Champ magnétique, bobine	34
Amplitudes des champs électriques et magnétiques	35
Courant dans un champ magnétique, induction	36

Théorie des circuits

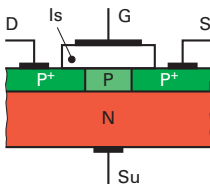
37



Circuits avec des résistances	37
Orientations, lois de Kirchhoff	38
Potentiomètre	39
Source de tension équivalente, source de courant équivalente, adaptation	40
Montages de base de bobines et de condensateurs	41
Circuits RC et RL	42
Montage en série de R, L, C	43
Montage en parallèle de R, L, C	44
Montage en série équivalent et montage en parallèle équivalent	45
Filtres simples	46
Courant triphasé	47
Charge déséquilibrée, transformation de circuits, montage en pont	48
Harmoniques	49

Composants

50



Résistances et condensateurs	50
Code des couleurs des résistances et des condensateurs	51
Types de résistances et de condensateurs	52
Groupes d'application et structure des condensateurs	53
Résistances à semi-conducteur	54
Termes relatifs aux redresseurs	55
Diodes	56
Transistors à effet de champ, transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)	57
Transistors bipolaires	58
Thyristors	59
Types de thyristors et diodes de déclenchement	60
Formes des boîtiers des diodes, transistors et Cl	61
Composants dépendant du champ magnétique	62
Composants optoélectroniques	63
Circuits de protection des diodes et des transistors	64
Composants pour la protection contre les surtensions	65
Refroidissement des composants à semi-conducteur	66

Symboles

Symboles	Signification	Symboles	Signification	Symboles	Signification
Minuscules		Capitales		Minuscules grecques	
<i>a</i>	Accélération	<i>A</i>	1. Surface, coupe transversale 2. Coefficient de déviation 3. Affaiblissement linéique	α (alpha)	1. Angle 2. Coefficient thermique 3. Angle d'amorçage
<i>b</i>	Largeur	<i>B</i>	1. Champ magnétique 2. Susceptance 3. Valeur statique du rapport de transfert direct en courant	β (bêta)	1. Angle 2. Facteur d'amplification du courant en court-circuit
<i>c</i>	1. Capacité thermique massique 2. Équivalent électrochimique 3. Vitesse de propagation des ondes 4. Coefficient	<i>C</i>	1. Capacité 2. Capacité thermique	γ (gamma)	1. Angle 2. Conductivité
<i>d</i>	1. Diamètre 2. Distance 3. Facteur de pertes	<i>D</i>	1. Déplacement électrique 2. Facteur d'amortissement	δ (delta)	Angle de pertes
<i>e</i>	Charge élémentaire	<i>E</i>	1. Champ électrique 2. Éclairement	ε_0	Permittivité électrique du vide
<i>f</i>	Fréquence	<i>F</i>	1. Force, 2. Facteur, 3. Erreur	ε (epsilon)	Permittivité
<i>g</i>	1. Accélération de la pesanteur 2. Rapport cyclique	<i>G</i>	1. Conductance, 2. Gain 3. Force de pesanteur	ζ (zêta)	Rendement énergétique
<i>h</i>	Hauteur	<i>H</i>	Excitation magnétique	η (êta)	Rendement
<i>i</i>	Intensité instantanée de courant	<i>I</i>	1. Intensité de courant 2. Intensité lumineuse	θ (thêta)	Température en °C
<i>l</i>	1. Longueur 2. Distance	<i>J</i>	1. Densité de courant 2. Moment d'inertie	κ (kappa)	Conductivité
<i>m</i>	1. Masse 2. Nombre de brins 3. Rapport de transformation	<i>K</i>	1. Constante 2. Facteur 3. Capital	λ (lambda)	1. Longueur d'onde 2. Facteur de puissance
<i>n</i>	1. Fréquence de rotation 2. Nombre entier 1, 2, 3 ... 3. Indice de réfraction	<i>L</i>	1. Inductance 2. Niveau	μ (mu)	1. Perméabilité 2. Coefficient de frottement
<i>p</i>	1. Nombre de paires de pôles 2. Pression 3. Pourcentage	<i>M</i>	1. Moment de force 2. Capacité de stockage	μ_0	Perméabilité magnétique du vide.
<i>q</i>	Rapport à la composante transversale du courant induit	<i>N</i>	Nombre de spires	π (pi)	Nombre 3,1415926...
<i>r</i>	1. Rayon 2. Taux 3. Résistance différentielle	<i>P</i>	Puissance, puissance active	ϱ (rho)	1. Résistivité 2. Masse volumique
<i>s</i>	1. Glissement 2. Correction	<i>Q</i>	1. Charge, 2. Chaleur 3. Puissance réactive 4. Facteur de qualité	σ (sigma)	1. Facteur de diffusion 2. Tension mécanique
<i>t</i>	Temps	<i>R</i>	1. Résistance 2. Constante de raideur 3. Stabilité	τ (tau)	Constante de temps
<i>u</i>	Tension instantanée	<i>S</i>	1. Puissance apparente 2. Transconductance 3. Grandeur de transmission	φ (phi)	Angle, en particulier déphasage
<i>v</i>	Vitesse	<i>T</i>	1. Période 2. Facteur de transmission 3. Température en K	ω (oméga)	1. Vitesse angulaire 2. Pulsation
<i>w</i>	1. Densité énergétique 2. Facteur de surcharge	<i>U</i>	Tension	Capitales grecques	
<i>x</i>	Grandeur réglée	<i>V</i>	Volume	Δ (Delta)	Différence
<i>y</i>	Grandeur de référence	<i>W</i>	1. Travail 2. Énergie	Θ (Thêta)	Force magnétomotrice
<i>z</i>	Nombre entier, p. ex. nombre de couches	<i>X</i>	Réactance	Φ (Phi)	1. Flux magnétique 2. Flux lumineux
		<i>Y</i>	Admittance	Ψ (Psi)	Flux électrique
		<i>Z</i>	1. Impédance 2. Impédance caractéristique 3. Impédance d'oscillation	Ω (Oméga)	Angle solide

Les symboles spéciaux sont formés en associant à la lettre du symbole un ou plusieurs indices ou d'autres signes

Indices

1

Indice, signe	Signification	Indice	Signification	Indice	Signification
Chiffres, signes		n	1. Nominal, 2. Normal, 3. Bruit (<i>noise</i>)	F	1. Direct (<i>forward</i>) 2. Surface, 3. Erreur
0	1. Marche à vide 2. Dans le vide 3. Origine	o	Oscillateur	G	1. Grille 2. Poids 3. Gâchette
1	1. Entrée, 2. Ordre de succession	p	1. Parallèle, 2. Pause 3. Impulsion, 4. Potentiel 5. Pression, 6. Phase, 7. Puissance	H	1. Hystérésis 2. Hall, 3. Hauteur
2	1. Sortie, 2. Ordre de succession	q	Transversal	K	1. Cathode 2. Basculement
3, 4, ...	Ordre de succession	r	1. Assigné (<i>rated</i>) 2. Accroissement (<i>rise</i>) 3. Résonance 4. Rémanence	L	1. Inductif, 2. Charge 3. Gauche, 4. Charger 5. Tension de contact maximale admissible 6. de Lorentz
$\wedge$, p. ex. $\hat{u}$	Maximum, valeur maximale	s	1. Série 2. Signal 3. Dans le sens du flux 4. Consigne, 5. Spécifique	M	Réaction positive
$\vee$, p. ex. $\check{u}$	Minimum, valeur minimale	t	Transversal	N	1. Nominal, assigné
$\hat{\vee}$, p. ex. $\hat{y}$	1. Valeur crête à crête	th	Thermique	Q	Transversal
$\dot{\vee}$, p. ex. u'	1. Rapporté à, 2. Indication, 3. Dérivation	tot	Total	R	1. Inverse (<i>reward</i>) 2. Résistance 3. À droite 4. Régulation 5. Rouge
Δ	Montage en triangle	u	Tension	S	1. Source, 2. Boucle 3. Colletterie, 4. Connexion 5. Sas 6. Secteur
Y	Montage en étoile	v	1. Tension 2. Visuel, lumineux	T	1. Transformateur 2. Porteur
Minuscules		w	1. Action, efficacité 2. Grandeur de référence 3. Enroulement	V	1. Voltmètre 2. Volume
a	1. Mise à l'arrêt 2. Appelé 3. Ambiant	x	1. Grandeurs inconnues 2. Direction x	X	À l'entrée X
amb	Air ambiant	y	1. Grandeur de référence 2. Direction y 3. Montage en étoile	Y	1. À l'entrée Y 2. Montage en étoile
b	1. Bit, 2. Grandeur réactive, 3. Freinage	z	1. Intermédiaire 2. Centripète 3. Montage en zig-zag	Z	1. Zener 2. Admissible
c	1. Coupure 2. Crête 3. Cinétique 4. Court-circuit	Capitales		Minuscules grecques	
d	1. Relatif au courant continu 2. Durée, 3. Dissipé, 4. Amortissement	A	1. Ampèremètre 2. Antenne, 3. Anode 4. Accélération, démarrage 5. Mise à la terre de l'installation 6. Amplification	α (alpha)	Dans la direction de l'angle α
e	1. Entrée, 2. Réception	B	1. Base 2. Mise à la terre de service (réseau) 3. Construction, 4. Exploitation	σ (sigma)	Dispersion
eff	Valeur efficace	C	1. Collecteur, 2. Capacitif 3. Cadence	φ (phi)	Relatif au déphasage
f	1. Fréquence 2. Descente	D	1. Drain, 2. Données	Capitales grecques	
h	Haut, en haut	E	1. Émetteur 2. Terre	Δ (Delta)	Relatif à une différence
i	1. À l'intérieur, 2. Induit 3. Courant, 4. Idéal 5. Réel, 6. Impulsion				
j	Jonction				
m	1. Magnétique 2. Valeur moyenne 3. Dispositif de mesure, mesuré				
max	Maximal, maximum				
mec	Mécanique				
min	Minimal, minimum				

Les indices peuvent être combinés, p. ex. pour U_{CE} correspondant à la tension entre collecteur et émetteur. Les indices composés de plusieurs lettres peuvent être raccourcis à la première lettre.

Symboles internationaux

cf. EN 60027-4 : 3-08

Grandeur	Symboles en vigueur avant octobre 2010	Symboles après octobre 2010		Unité, Symboles d'unité
		Symboles recommandés	Symboles acceptables	
Intensités de courant et grandeurs apparentées				
Courant assigné	I_N	I_{rat} ou I_r	I_N	ampère, A
Courant nominal	I_n	I_n ou I_{nom}	–	
Courant de court circuit permanent	I_{cc}	I_k	I_{SC}	
Courant maximal apériodique de court-circuit	I_s	$\hat{I}_k$	$\hat{I}_{\text{SC}}$	
Contant initial périodique de court-circuit	i_s	I_{k0}	I_{SCO}	
Courant transitoire (courant de courte durée)	i	I_k'	I_{SC}'	
Courant subtransitoire (courant de très courte durée)	i_s	I_k''	I_{SC}''	ampère par mètre, A/m
Densité linéique	I'	A	sans objet	
Tensions et grandeurs apparentées				
Tension assignée	U_N	U_{rat} ou U_r	U_N	volt, V
Tension nominale	U_n	sans objet	sans objet	
Tension induite	U_l	U_g		
Tension à vide	U_o	U_o		
Puissances et grandeurs apparentées				
Puissance assignée	P_N	P_{rat} ou P_r	P_N	watt, W
Puissance apparente assignée	S_N	S_{rat} ou S_r	S_N	voltampère, VA
Puissance nominale	P_n	P_n ou P_{nom}	sans objet	watt, W
Puissance d'entrée	P_1 ou P_e	P_{in}		
Puissance de sortie	P_2 ou P_s	P_{out}		
Puissance mécanique	P_m	P_{mec}		
Puissance dissipée	P_d	P_t		
Facteur de puissance	$\cos \varphi$	λ (lambda)		
Facteur de déplacement	–	$\cos \varphi$		
Moments de force, couples				
Moment de force, couple	M, C ou T	T	M	newton-mètre
Moment nominal	M_n	sans objet	sans objet	
Moment assigné	M_N	T_{rat} ou T_r	M_{rat} ou M_r	
Couple d'inversion	M_K	T_b	M_b	
Couple de maintien	M_H	T_H	M_H	
Couple minimal pendant le démarrage	M_S	T_u	M_u	
Couple de démarrage	M_d	T_l	M_l	

nom = nominal, rat de *rated* = assigné, *T* de *torque* = couple, facteur de déplacement = cosinus du déphasage du fondamental du courant par rapport à la tension, facteur de puissance = rapport entre la puissance active et la puissance apparente (avec harmoniques)

Grandeurs et unités 1

Grandeur	Unité SI (autres unités)	Symboles, équation aux unités	Grandeur	Unité SI (autres unités)	Symboles, équation aux unités
Longueur, surface, volume, angle			Électricité		
Longueur	mètre (mille nautique) (mille) (pouce, <i>inch</i>)	m 1 nm = 1852 m 1 ml = 1609,344 m 1" = 25,4 mm	Charge électrique, flux électrique	coulomb	1 C = 1 A · 1 s = 1 As
Surface	mètre carré	m ²	Charge surfacique, déplacement électrique	coulomb par mètre carré	C/m ²
Volume	mètre cube (litre)	m ³ 1 l = 1 dm ³ = = 1/1000 m ³	Charge volumique	coulomb par mètre cube	C/m ³
Angle (plan) (cf. page 19)	radian (degré)	rad 1° = $\frac{\pi}{180}$ rad,	Tension électrique, potentiel électrique	volt	1 V = 1 J/C
Angle solide	steradian	sr	Champ électrique	volt par mètre	1 V/m = 1 N/C
Temps, fréquence, vitesse, accélération			Capacité électrique	farad	1 F = 1 As/V = 1 C/V
Temps	seconde (minute) (heure)	s 1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3 600 s = 24 h	Densité linéique de courant	ampère par mètre	A/m
	(jour)	1 d = 24 h	Permittivité	farad par mètre	1 F/m = 1 C/(Vm)
Fréquence	hertz	1 Hz = 1/s	Intensité de courant électrique	ampère	1 A = 1 C/s
Fréquence de rotation	par seconde (par minute)	1/s = 60/min	Densité surfacique de courant électrique	ampère par m ²	A/m ²
Pulsation	par seconde	1/s	Résistance électrique réactance, impédance	ohm	1 Ω = 1 V/A
Vitesse	mètre par seconde nœud	m/s 1 kn = 1 nm/h = 0,5144 m/s 1 km/h = $\frac{1}{3,6}$ m/s	Conductance, susceptance, admittance	siemens	1 S = $\frac{1}{1 \Omega}$
Vitesse angulaire	radian par seconde	rad/s	Résistivité	ohmmètre	1 Ωm = 100 Ωcm 1 Ωmm ² /m = 1 μΩm
Accélération	–	m/s ²	Conductivité	siemens par mètre	1 Sm/mm ² = 1 MS/m
Mécanique			Puissance	watt	1 W = 1 V · 1 A
Masse	kilogramme (carat) (tonne)	kg 1 ct = 0,2 g 1 t = 1000 kg	Puissance réactive (var)	(var)	1 var = 1 V · 1 A
Masse volumique	–	kg/m ³ , kg/dm ³	Puissance apparente (VA)	(VA)	1 VA = 1 V · 1 A
Moment d'inertie	–	kg · m ²	Inductance	henry	1 H = 1 Vs/A
Force	newton	1 N = 1 kg · m/s ²	Travail, énergie	joule (wattheure) (électronvolt)	1 J = 1 Ws 1 Wh = 3,6 kNm 1 eV = 0,1602 aJ
Moment de force, couple	–	Nm	Magnétisme		
Impulsion	newton-seconde	1 Ns = 1 kg · m/s	Force magnétomotrice	ampère	A
Pression	pascal (bar)	1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 0,1 MPa = 10 N/cm ²	Excitation magnétique	ampère par mètre	A/m
Pression de surface, stabilité, module d'élasticité	–	N/mm ²	Flux magnétique	weber	1 Wb = 1 T · 1 m ² = 1 Vs
Travail, énergie	joule (électronvolt)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 eV = 0,1602 aJ	Champ magnétique Polarisation magn.	tesla	1 T = 1 Wb/m ² = 1 Vs/m ²
Puissance	watt	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s	Inductance	henry	1 H = 1 Vs/A
			Perméabilité	henry par mètre	1 H/m = 1 Vs/(Am)
			Réductance	–	1/H = A/Vs

Grandeurs et unités 2

Grandeur	Unité SI (autres unités)	Symboles, équation aux unités	Grandeur	Unité SI (autres unités)	Symboles, équation aux unités
Rayonnement électromagnétique (hors lumière)			Réactions nucléaires, rayonnement ionisant		
Énergie rayonnante	joule	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$	Activité d'une substance radioactive	becquerel	$1 \text{ Bq} = 1/\text{s}$
Puissance rayonnante	watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	Dose absorbée	gray	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
Intensité énergétique	watt/stéradian	W/sr	Débit de dose absorbée	gray par seconde	Gy/s
Luminance énergétique	–	$\text{W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)$	Équivalent de dose	sievert	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$
Éclairement énergétique	–	W/m^2	Débit d'équivalent de dose	sievert par seconde	$1 \text{ Sv/s} = 1 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{s})$
Lumière, optique			Dose ionique	coulomb par kilogramme	C/kg
Intensité lumineuse	candela	cd	Débit de dose ionique	ampère par kilogramme	$1 \text{ A/kg} = 1 \text{ C}/(\text{kg} \cdot \text{s})$
Luminance	candela par m^2	cd/m^2	Acoustique		
Flux lumineux	lumen	lm	Pression acoustique	pascal	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$
Efficacité lumineuse	lumen par watt	lm/W	Vitesse acoustique	mètre par seconde	m/s
Éclairement lumineux	lux	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$	Vitesse du son (célérité)	mètre par seconde	m/s
Vergence	– (dioptrie)	$1/\text{m}$ $1 \text{ dpt} = 1/\text{m}$	Flux acoustique	–	$1 \text{ m}^3/\text{s} = 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m/s}$
Chaleur			Intensité acoustique	–	W/m^2
Température Celsius	degré Celsius	$^{\circ}\text{C}$	Impédance acoustique spécifique	–	$\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$
Température thermodynamique	kelvin	K ($0 \text{ K} \approx -273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$)	Impédance acoustique	–	$\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$
Différence de température	kelvin	K	Impédance mécanique	–	$\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}$
Chaleur, énergie interne	joule	$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$	Surface d'absorption équivalente	mètre carré	m^2
Flux thermique	watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	Autres domaines		
Résistance thermique (des composants)	kelvin par watt	K/W	Quantité de matière	mole	mol
Conductivité thermique	–	$\text{W}/(\text{K} \cdot \text{m})$	Concentration en quantité de matière	–	mol/m^3
Coefficient de transmission de la chaleur	–	$\text{W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$	Volume molaire	–	m^3/mol
Capacité thermique, entropie	–	J/K	Molalité	–	mol/kg
Capacité thermique massique	joule par kelvin	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	Masse molaire	–	kg/mol
–	–	–	Capacité thermique molaire	–	$\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
			Coefficient de diffusion	–	m^2/s
Chimie, physique moléculaire			Distance en astronomie	(unité astronomique) parsec	$1 \text{ UA} = 149,6 \text{ Gm}$ $1 \text{ pc} = 30,857 \text{ Pm}$
			Masse en physique atomique	(unité de masse atomique)	$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
			Masse linéique de fibres textiles et de fils	tex	$1 \text{ tex} = 1 \text{ g}/\text{kg}$
			Surface	are hectare	$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 100 \text{ a}$

Symboles mathématiques

Symboles	Signification	Exemple	Symboles	Signification	Exemple
Ensemble des symboles			∞	infini	$n = 1, 2, 3, \dots, \infty$
$\dots n$	et ainsi de suite jusqu'à n	$k = 1, 2, 3, \dots, n$	$\rightarrow$	tend vers, converge vers	$x \rightarrow a, x$ tend vers a
$\dots$	et ainsi de suite de manière illimitée	$n = 1, 2, 3, \dots$ $\sqrt{2} = 1,41421 \dots$	$f(x)$	fonction de x	$f(I) = I^2 \cdot R$
Algèbre booléenne			i ou j	unité imaginaire	$i^2 = j^2 = -1$
$\neg a, \bar{a}$	NON a (NOT a)	$\overline{a \wedge b} = \neg (a \wedge b)$	$\underline{Z}$	grandeur complexe Z	$\underline{Z} = R + jX$
$\wedge$	ET (AND)	$a \wedge b$ ou $\wedge (a, b)$	Géométrie, vecteurs		
$\vee$	OU (OR)	$a \vee b$ ou $\vee (a, b)$	$\parallel$	parallèle	$g_1 \parallel g_2, R_1 \parallel R_2$
$\overline{\wedge}$	NON ET (NAND)	$a \overline{\wedge} b = \overline{a \wedge b}$	$\uparrow \uparrow$	parallèle dans le même sens	$g \uparrow \uparrow h$
$\overline{\vee}$	NON OU (NOR)	$a \overline{\vee} b = \overline{a \vee b}$	$\uparrow \downarrow$	parallèle dans des sens opposés	$g_1 \uparrow \downarrow g_2$
Théorie des ensembles			$\perp$	orthogonal à, perpendiculaire à	$g \perp h$
$\in$	élément de	$a \in M : a$ est élément de M	$\triangle$	triangle	$\triangle ABC$
$\subset$	sous-ensemble de	$M_1 \subset M_2 : M_1$ est un sous-ensemble de M_2	$\cong$	congru, isométrique	$\triangle ABC \cong \triangle DEF$
$\cup$	union	$\{1, 2\} \cup \{3, 4\} = \{1, 2, 3, 4\}$	$\sim$	semblable	$\triangle P_1 P_2 P_3 \sim \triangle ABC$
$\Rightarrow$	implication	$a \cdot b = c \Rightarrow a = c/b$	$\sphericalangle$	angle	$\sphericalangle ABC = \sphericalangle (BA, BC),$ $\sphericalangle (\vec{a}, \vec{b})$
Arithmétique			$\overline{AB}$	mesure algébrique AB	$\overline{P_1 P_2}$
$=$	égal	$P = U \cdot I$	$\widehat{AB}$	arc AB	$\widehat{AB} = \sphericalangle \gamma$
$\neq$	différent	$4 \neq 5$	$\vec{A}, \vec{B}$	vecteur A , vecteur B	$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$
$\sim$	proportionnel	$u \sim r$	$ \vec{A} $	norme du vecteur A	$ \vec{F} = 50 \text{ N}$
$\approx$	environ	$\pi \approx 3,14$	Différencier, intégrer		
$\doteq$	correspond à	$1 \text{ cm} \doteq 20 \text{ N}$	Δ	différence	$\Delta U = U_2 - U_1$
$<$	strictement inférieur à	$2 < 3$	y'	y prime	y' est la dérivée première de y ,
$>$	strictement supérieur à	$5 > 2$	$\frac{dy}{dx}$	dy sur dx	autre symbole de la dérivée $y' = dy/dx$
$\leq$	inférieur ou égal à	$a \leq 10$	$\int$	intégrale	$\int f(x) dx, \int_a^b f(x) dx$
$\geq$	supérieur ou égal à	$n \geq 7$	Puissances, logarithmes		
$\ll$	très inférieur à	$R \ll 100 \text{ k}\Omega$	a^x	a puissance x	$5^3, 10^x$
$\gg$	très supérieur à	$R_x \gg R_n$	exp	fonction exponentielle	$\exp x = e^x$, avec $e = 2,718\dots$
$\cdot, \times$	fois, multiplié par	$a \cdot b = ab, 12 \times 3 = 36$	log	logarithme en général	
$-, /, :$	par, sur, divisé	$\frac{7}{2} = 7/2 = 3,5$	$\log_a$	logarithme de base a	$\log_3 9 = 2$
$\%$	pour cent	$1\% = 10^{-2}, 50\% = 0,5$	lg	logarithme décimal	$\lg 2 = 0,30103\dots$
‰	pour mille	$1\text{‰} = 10^{-3}, 8\text{‰} = 0,8\%$	lb	logarithme binaire	$\text{lb } 8 = 3$
$(), [], \{ \}$	parenthèses, crochets, accolades	$[a(b-c) + d]^2$	ln	logarithme népérien	$\ln 10 = 2,3025\dots$
$ z $	valeur absolue de z	$ 4 = 4, -7 = 7$	Trigonométrie		
$n!$	factorielle n	$n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n, 3! = 6$	sin	sinus	$\sin \alpha$
Σ	somme	$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$	cos	cosinus	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ $= (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2 = 1$
Π	produit	$\Pi k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots$	tan	tangente	$\tan \alpha = \sin \alpha / \cos \alpha$
$\sqrt{\quad}$	racine carrée de	$\sqrt{16} = 4$	cot	cotangente	$\cot \alpha = 1/\tan \alpha$
$\sqrt[n]{\quad}$	racine nième de	$\sqrt[3]{8} = 2$	arcsin	arc sinus	$\sin \alpha = x \Rightarrow \arcsin x = \alpha$
π	pi	$\pi = 3,14159\dots$	arccos	arc cosinus	$\cos \alpha = x \Rightarrow \arccos x = \alpha$
			arctan	arc tangente	$\tan \alpha = x \Rightarrow \arctan x = \alpha$
			arccot	arc cotangente	$\cot \alpha = x \Rightarrow \text{arccot } x = \alpha$

Puissances, préfixes, logarithmes, règle de trois

Puissances

Les valeurs inférieures à 1 peuvent être représentées à l'aide de puissances de dix avec des exposants négatifs. Les valeurs supérieures à 1 peuvent être représentées comme des puissances de dix avec des exposants positifs.

Valeur	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1000	10 000	100 000	1000 000
Puissance de 10	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6

Dans les technologies numériques, on travaille avec des puissances de 2. Voici la base 2.

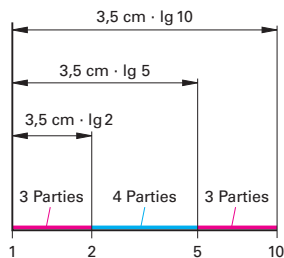
Valeur	1/128	1/64	1/32	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	64	128
Puissance de 2	2^{-7}	2^{-6}	2^{-5}	2^{-4}	2^{-3}	2^{-2}	2^{-1}	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7

Préfixes

Pour les grandeurs physiques (également pour les vitesses de transmission)						Pour les capacités de mémoire avec bit, octet		
Symbole (facteur)	Préfixe	Signification	Symbole (facteur)	Préfixe	Signification	Symbole (facteur)	Préfixe	Signification
a	atto	10^{-18}	da	déca	10^1	–	–	–
f	femto	10^{-15}	h	hecto	10^2	–	–	–
p	pico	10^{-12}	k	kilo	10^3	K	kilo	2^{10} pour les grandes mémoires de masse, on applique souvent les significations des grandeurs physiques.
n	nano	10^{-9}	M	méga	10^6	M	méga	2^{20}
μ	micro	10^{-6}	G	giga	10^9	G	giga	2^{30}
m	milli	10^{-3}	T	téra	10^{12}	T	téra	2^{40}
c	centi	10^{-2}	P	péta	10^{15}	P	péta	2^{50}
d	déci	10^{-1}	E	exa	10^{18}	E	exa	2^{60}

Les préfixes ne peuvent pas être combinés. Une unité ne peut être précédée que d'un seul préfixe.

Logarithmes



Division logarithmique

Le logarithme (log) d'un nombre indique la puissance à laquelle il faut élever la base pour obtenir ce nombre. On applique

$$a^b = c, \log_a c = b$$

Le logarithme décimal (lg) à base 10. Le logarithme népérien (ln) à base e (e = 2,718...). Le logarithme binaire (lb) à base 2.

Les grands intervalles numériques peuvent être représentés avec une échelle logarithmique.

$$\log_a c = \frac{\ln c}{\ln a} = \frac{\lg c}{\lg a}$$

$$\log_a(cd) = \log_a c + \log_a d$$

$$\log_a \frac{c}{d} = \log_a c - \log_a d$$

$$\log_a(c^m) = m \cdot \log_a c$$

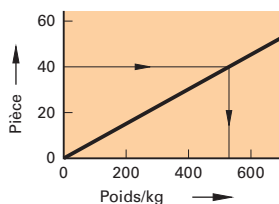
$$\log_a \sqrt[n]{c} = \frac{1}{n} \log_a c$$

$$\lg x = \ln x / \ln 10$$

$$\ln x = \lg x / \lg e$$

$$\text{lb} x = \lg x / \lg 2$$

Règle de trois



Règle de trois pour une relation de proportionnalité

Étapes jusqu'à la solution

Rapport proportionnel (division)

- Énoncé
- Calcul pour 1 objet
- Calcul pour z objets

Exemple

n éléments pèsent a kg
1 élément pèse a/n kg
z éléments pèsent z · a/n kg

Rapport proportionnel inverse (multiplication)

- Énoncé
- Calcul pour 1 objet
- Calcul pour z objets

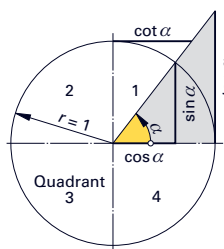
n travailleurs ont besoin de a heures
1 travailleur a besoin de n · a heures
z travailleurs ont besoin de n · a/z heures

Angles, fonctions trigonométriques, calcul de pourcentages

1

Illustrations	Explications	Remarques, formules												
Angle														
Valeurs des angles	L'angle se mesure en degré, grade ou radian. L'angle plein mesure a) en degré 360° b) en grade 400 gr c) en radian 2π rad L'unité radian correspond au rapport entre la longueur de l'arc de cercle et le rayon du cercle. $\alpha_r = \alpha^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$ $1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,296^\circ$	Angles importants <table> <tr> <th>Angle plein</th><th>Angle plat</th><th>Angle droit</th></tr> <tr> <td>360°</td><td>180°</td><td>90°</td></tr> <tr> <td>$2 \cdot \pi$ rad</td><td>π rad</td><td>$\frac{\pi}{2}$ rad</td></tr> <tr> <td>400 gr</td><td>200 gr</td><td>100 gr</td></tr> </table> En mesure on utilise encore : 1 gr = $(\pi/200)$ rad	Angle plein	Angle plat	Angle droit	360°	180°	90°	$2 \cdot \pi$ rad	π rad	$\frac{\pi}{2}$ rad	400 gr	200 gr	100 gr
Angle plein	Angle plat	Angle droit												
360°	180°	90°												
$2 \cdot \pi$ rad	π rad	$\frac{\pi}{2}$ rad												
400 gr	200 gr	100 gr												
Fonctions trigonométriques														
Triangle rectangle	Dans un triangle rectangle, le côté le plus long est appelé <i>hypoténuse</i> (c). C'est le côté opposé à l'angle droit. Pour un angle aigu α du triangle rectangle, le <i>côté adjacent</i> (b) est celui qui joint le sommet de l'angle choisi avec le sommet de l'angle droit. Enfin, le <i>côté opposé</i> (a) est celui qui fait face à l'angle α.	Un angle dans un triangle rectangle peut être déterminé par sa mesure ou par le rapport entre <i>deux côtés</i>. Le rapport entre les côtés dépend de la mesure de l'angle. C'est pourquoi on nomme les rapports entre côtés dans un triangle rectangle <i>fonctions angulaires</i> (fonction = dépendance) ou fonctions trigonométriques.												
Fonctions trigonométriques	sinus = $\frac{\text{côté opposé}}{\text{hypoténuse}}$ cosinus = $\frac{\text{côté adjacent}}{\text{hypoténuse}}$ tangente = $\frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}}$ cotangente = $\frac{\text{côté adjacent}}{\text{côté opposé}}$	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$ $\cos \alpha = \frac{b}{c}$ $\tan \alpha = \frac{a}{b}$ $\cot \alpha = \frac{b}{a}$												
Calcul de pourcentages														
	Pour cent (lat. <i>pro cent</i>) signifie "divisé par 100". La quantité de base est toujours fixée à cent, la quantité partielle (pourcentage) est exprimée en pour cent (= centièmes). 23% de 300 € correspondent à 69 € <table> <tr> <td>Pourcentage</td> <td>Quantité de base</td> <td>Valeur du pourcentage</td> </tr> </table> $\text{Pourcentage} = \frac{100 \cdot \%}{\text{de base}}$	Pourcentage	Quantité de base	Valeur du pourcentage	Calcul de pourcentages $p = \frac{P \cdot 100\%}{G}$ Calcul de taux $Z = \frac{K_0 \cdot p \cdot n}{100\%}$ Calcul d'intérêts composés $K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100\%}\right)^n$									
Pourcentage	Quantité de base	Valeur du pourcentage												
a, b, c côtés dans un triangle rectangle G valeur de base K_0 capital de départ K_n capital après n années	n durée en années P valeur du pourcentage p pourcentage en %, taux d'intérêt en % Z intérêts par an	α, β, γ angles du triangle α° angle en degré α_r angle en radian												

Relations entre les angles dans un triangle rectangle



Selon le théorème de Pythagore :

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad 1$$

Puisque
 $\tan \alpha = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}}$
 et
 $\cot \alpha = \frac{\text{côté adjacent}}{\text{côté opposé}}$

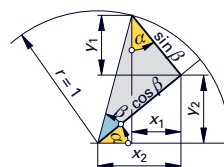
$$\Rightarrow \tan \alpha \cdot \cot \alpha = 1 \quad 2$$

$$\sin \alpha = \pm \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \pm \frac{1}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$$

$$\cos \alpha = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \pm \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

Le signe est + ou - selon le quadrant du cercle trigonométrique dans lequel se trouve l'angle.

Quadrant	1	2	3	4
sin	+	+	-	-
cos	+	-	-	+



$$\begin{aligned} x_1 &= \sin \alpha \cdot \sin \beta \\ x_2 &= \cos \alpha \cdot \cos \beta \\ y_1 &= \cos \alpha \cdot \sin \beta \\ y_2 &= \sin \alpha \cdot \cos \beta \\ \sin(\alpha + \beta) &= y_1 + y_2 \\ \cos(\alpha + \beta) &= x_2 - x_1 \end{aligned}$$

$$\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha - \beta) = \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$$

$$\cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot \alpha \cot \beta \mp 1}{\cot \beta \pm \cot \alpha}$$

$$\cos(\alpha + \beta) \cdot \cos(\alpha - \beta) = \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha$$

$$\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha \pm \beta}{2} \cos \frac{\alpha \mp \beta}{2}$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\tan \alpha \pm \tan \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}$$

$$\cot \alpha \pm \cot \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \sin \beta}$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

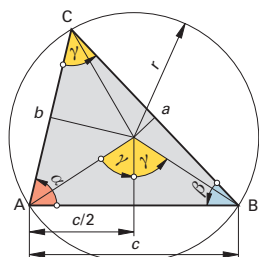
$$\tan 2\alpha = \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha} = \frac{2}{\cot \alpha - \tan \alpha}$$

$$\cot 2\alpha = \frac{\cot^2 \alpha - 1}{2 \cot \alpha} = \frac{\cot \alpha - \tan \alpha}{2}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\alpha), \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha)$$

Relations entre les angles dans un triangle quelconque

Lois des sinus



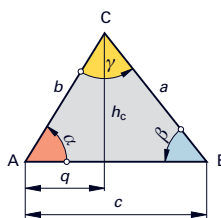
$$c = 2r \cdot \sin \gamma, a = 2r \cdot \sin \alpha, b = 2r \cdot \sin \beta$$

$$a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \quad 3$$

Dans un triangle, les longueurs des côtés sont proportionnelles aux sinus des angles opposés.

Théorème d'Al-Kashi



$$h_c = b \cdot \sin \alpha$$

$$q = b \cdot \cos \alpha$$

$$a^2 = h_c^2 + (c - q)^2$$

$$\begin{aligned} a^2 &= b^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha \\ &= b^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

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

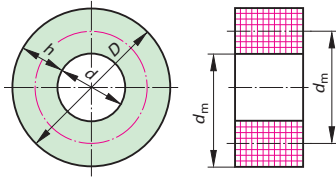
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha$$

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

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma \quad 4$$

Dans un triangle, le carré d'un côté est égal à la somme des carrés des deux autres côtés moins le double de leur produit multiplié par le cosinus de l'angle formé par ces deux côtés.

Longueurs des fils



Bobines rondes

$$h = \frac{D-d}{2}$$

$$d_m = d + h$$

ou

$$d_m = \frac{D+d}{2}$$

$$d_m = D - h$$

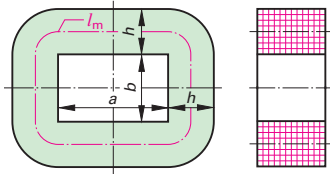
Bobines rondes

$$l = l_m \cdot N$$

$$l_m = \pi \cdot d_m$$

Longueur des fils

$$l = \pi \cdot d_m \cdot N$$



Bobines rectangulaires

Bobines rectangulaires

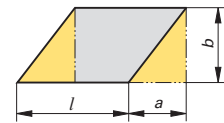
$$l = l_m \cdot N$$

$$l_m = 2a + 2b + \pi \cdot h$$

Longueur des fils

$$l = (2a + 2b + \pi \cdot h) \cdot N$$

Surfaces



Parallélogramme

Carré

$$A = s^2$$

$$u = 4 \cdot s$$

$$e = \sqrt{2} \cdot s = 1,41 \cdot s$$

Parallélogramme

$$A = l \cdot b$$

$$u = 2 \cdot (l + \sqrt{l^2 + b^2})$$

Triangle quelconque

$$A = \frac{l \cdot b}{2}$$

Rectangle

$$A = l \cdot b$$

$$u = 2 \cdot (l + b)$$

$$e = \sqrt{l^2 + b^2}$$

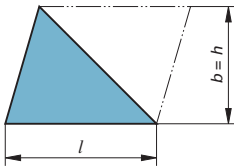
Triangle rectangle

Théorème de Pythagore :

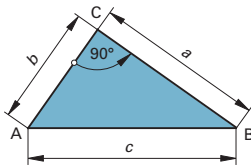
$$c^2 = a^2 + b^2$$

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

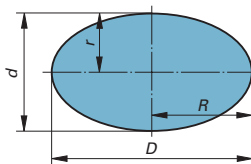
Dans un triangle rectangle, l'hypoténuse est opposée à l'angle droit.



Triangle quelconque



Triangle rectangle



Ellipse

Ellipse

$$u = \pi \cdot d$$

$$u = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A \approx 0,785 \cdot d^2$$

$$u \approx \pi \cdot \frac{D+d}{2}$$

$$A = \pi \cdot R \cdot r$$

$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$$

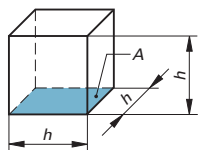
A surface
a côté
b largeur
c côté (hypoténuse)

D (grand) diamètre
d (petit) diamètre
d_m diamètre moyen
e diagonale

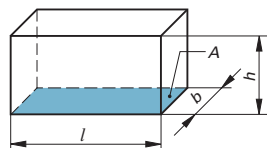
h hauteur
l longueur
l_m longueur moyenne
N nombre de spires

r, R rayon
s longueur du côté
u périmètre, somme des côtés

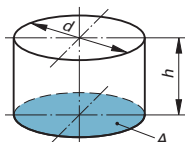
Solides



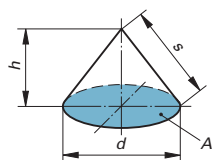
Cube



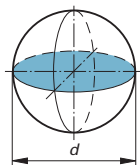
Prisme



Cylindre



Cône



Sphère

Solides de même épaisseur

$$\text{Volumes} = \text{aire de la base} \cdot \text{hauteur}$$

1

$$V = A \cdot h$$

2

Cube

$$A = h^2$$

$$V = h^3$$

3

$$A_O = 6 \cdot h^2$$

Prisme

$$A = l \cdot b$$

$$V = l \cdot b \cdot h$$

4

$$A_O = 2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h)$$

Cylindre

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$$

5

$$A_O = \pi \cdot d \cdot h + \frac{\pi \cdot d^2}{2}$$

Solides pointus

$$\text{Volume} = \frac{1}{3} \cdot \text{aire de la base} \cdot \text{hauteur}$$

6

$$V = \frac{A \cdot h}{3}$$

7

Pyramide

$$A = l \cdot b$$

$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$$

8

Cône

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{12}$$

9

Sphère

Volume

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

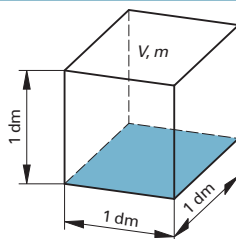
10

Surface

$$A_O = \pi \cdot d^2$$

11

Masse



$$\text{Masse volumique} = \frac{\text{masse}}{\text{volume}}$$

12

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

13

Unités de masse volumique : $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$, $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, $\frac{\text{t}}{\text{m}^3}$; également $\frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$ (pour les gaz)

Calcul de la masse pour les fils :

$$m = \rho \cdot A \cdot l$$

14

Si l'on a A en mm^2 et l en m , on obtient m en g ;
et avec A en mm^2 , l en km , on obtient m en kg

Masse volumique

A surface de base

A_O surface

b largeur

d diamètre

h hauteur

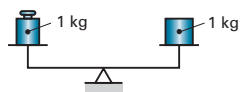
l longueur

m masse

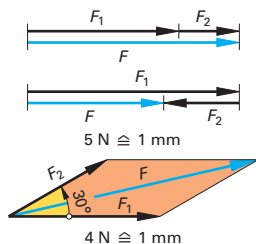
V volume

ρ masse volumique (rho)

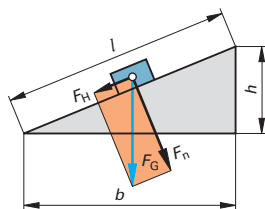
Masse, force, pression, moment de force



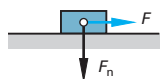
Mesure de la masse



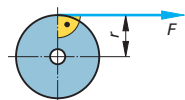
Représentation des forces



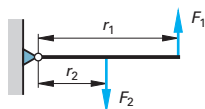
Forces sur un plan incliné



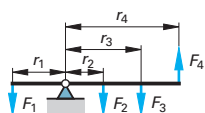
Frottement de glissement



Force et bras de levier



Levier unilatéral



Levier bilatéral

La **masse** d'un corps au repos est une mesure indépendante du lieu où se trouve le solide.

La force qui accélère une masse de 1 kg en 1 s de 1 m/s se mesure en $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ appelée également newton (N).

Force = masse x accélération
 $[F] = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = \text{kgm/s}^2 = \text{N}$

L'accélération de la pesanteur (accélération due à la gravité), dépend du lieu.

$g = 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N/kg} \approx 10 \text{ N/kg}$

Exemple 1 :

La force $F_1 = 80 \text{ N}$ et la force $F_2 = 60 \text{ N}$ agissent avec un angle $\alpha = 30^\circ$. Les forces doivent être ajoutées graphiquement pour obtenir la force totale F .

Solution :

Sur le graphique :

$F \approx 33,8 \text{ mm}$; $1 \text{ mm} \approx 4 \text{ N}$

$F = 33,8 \text{ mm} \cdot 4 \text{ N/mm} = 135 \text{ N}$

Force

$$F = m \cdot a$$

1

$$F_G = m \cdot g$$

2

Pour des forces de même sens :

$$F = F_1 + F_2$$

3

Pour des forces de sens opposés :

$$F = F_1 - F_2$$

4

Pour des forces orthogonales :

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

5

$$F_H = F_G \cdot \frac{h}{l}$$

6

$$F_N = F_G \cdot \frac{b}{l}$$

7

$$F = \mu \cdot F_N$$

8

Pression

$$p = \frac{F}{A}$$

9

$$[p] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

Moment

$$M = F \cdot r$$

10

$$\Sigma M_{\text{gauche}} = \Sigma M_{\text{droite}}$$

11

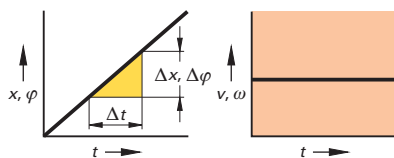
$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

12

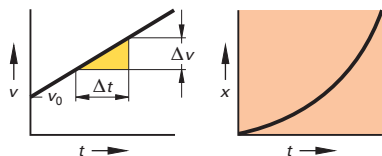
A	aire
a	accélération
b	base du plan oblique
F	force
F_1 à F_4	forces
F_G	poids

F_N	force normale (force orthogonale au plan)
F_H	force de dévalement
g	accélération de la pesanteur
h	hauteur du plan incliné
l	longueur du plan incliné
M	moment de force, moment

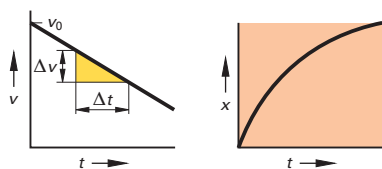
m	masse
p	pression
r	rayon, bras de levier
r_1 à r_4	rayons, bras de levier
μ	coefficient de frottement (mu)
Σ	signe pour somme (sigma)



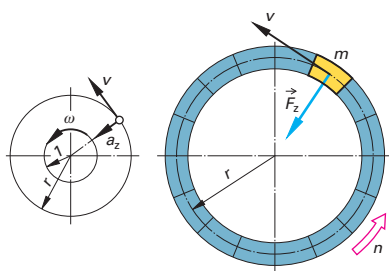
Mouvement uniforme



Mouvement uniformément accéléré



Mouvement uniformément ralenti



Mouvement circulaire uniforme

Vitesse :

$$v = \Delta x / \Delta t$$

$$[v] = \text{m/s}$$

$$\omega = \Delta \varphi / \Delta t$$

$$[\omega] = 1/\text{s}$$

Accélération

$$a = \Delta v / \Delta t$$

$$[a] = \text{m/s}^2$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

$$v = \frac{x}{t}$$

En cas d'accélération avec vitesse initiale nulle :

$$v = a \cdot t$$

$$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

En cas d'accélération, on aura des valeurs positives pour a , en cas de ralentissement des valeurs négatives :

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$$d_a = \frac{v_0^2}{2a}$$

Chute libre :

$$v = g \cdot t$$

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Sur la Terre, en Europe

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$$

Pour les mouvements circulaires :

$$a_z = \frac{v^2}{r}$$

$$F_z = m \cdot a_z$$

$$F_z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$[F_z] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$$

$$[T] = \text{s}$$

$$[\omega] = 1/\text{s}$$

$$v = D \cdot \pi \cdot n$$

$$v = 2 r \cdot \pi \cdot n$$

$$\omega = 2 \pi \cdot n$$

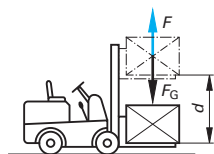
$$v = \omega \cdot r$$

$$n = \frac{1}{T}$$

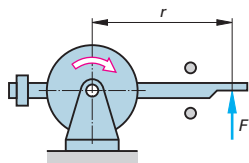
a accélération
 a_z accélération centripète
 d_a distance d'arrêt
 D diamètre du disque
 F_z force centripète
 g accélération de la pesanteur
 h hauteur de chute

m masse
 n fréquence de rotation, (tours par seconde)
 r rayon
 t temps
 T durée d'une rotation
 v vitesse

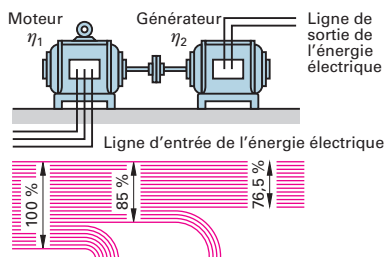
v_0 vitesse initiale
 x abscisse
 Δ signe pour différence
 ω vitesse angulaire
 φ angle



Travail mécanique

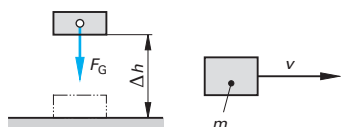


Puissance mécanique

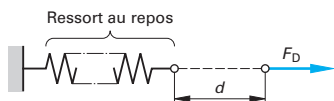


Pertes dues au moteur Pertes dues au générateur

Rendement



Énergie



Énergie de déformation

Travail = force x chemin
 $[W] = \text{N} \cdot \text{m} = \text{Nm}$

$$\text{Puissance} = \frac{\text{Puissance} \times \text{Chemin}}{\text{Temps}} \quad [P] = \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = \text{W}$$

$$\text{Puissance} = \frac{\text{Travail}}{\text{Temps}}$$

$$P_{\text{kW}} = \frac{M \cdot n}{9549}$$

avec $[n] = 1/\text{min}$ et $[M] = \text{Nm}$
 $\left(\frac{60}{2\pi} \cdot 10^3 = 9549\right)$

$$P_d = P_a - P_u$$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

$$\zeta = \zeta_1 \cdot \zeta_2 \cdot \dots \cdot \zeta_n$$

Énergie

$$W_p = F_G \cdot \Delta h$$

$$W_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$F_D = k \cdot d$$

$$W_D = \frac{1}{2} F_D \cdot d$$

$$W_D = \frac{1}{2} k \cdot d^2$$

Travail

$$W = F \cdot d \cdot \cos \varphi$$

$$W = F_d \cdot d$$

Puissance

$$P = \frac{F_d \cdot d}{t}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = F_d \cdot v$$

$$P = M \cdot \omega$$

$$\omega = 2\pi \cdot n$$

$$M = F \cdot r$$

$$[\omega] = 1/\text{s}$$

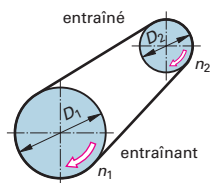
$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

$$\zeta = \frac{W_u}{W_a}$$

d trajet
 F force
 F_d force dans la direction de la trajectoire
 F_D tension du ressort
 F_G poids du solide
 h hauteur
 k raideur du ressort
 M moment de force, moment
 m masse
 n fréquence de rotation
 P puissance

P_a puissance appelée
 P_d puissance dissipée
 P_{kW} puissance en kW
 P_u puissance utile
 r rayon, bras de levier
 t temps
 v vitesse
 W travail
 W_a travail appelé
 W_c énergie cinétique
 W_D travail de déformation

W_p énergie potentielle
 W_u travail utile
 Δ signe pour différence
 ζ rendement énergétique
 ζ_1, ζ_2 rendements énergétiques individuels
 η rendement
 η_1, η_2 rendements individuels
 φ angle entre F et d
 ω vitesse angulaire



Entraînement par courroie

$$n_1 \cdot D_1 = n_2 \cdot D_2$$

1

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

2

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

4

Rapport de transmission

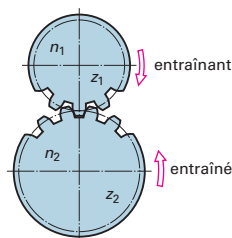
pour transmission multiple

$$i = i_1 \cdot i_2$$

3

$$i = \frac{D_2 \cdot D_4}{D_1 \cdot D_3}$$

5



Entraînement par engrenage

Exemple 1 :

$n_1 = 800/\text{min}$; $z_1 = 36$; $z_2 = 48$;
 $n_2 = ?/\text{min}$

Solution :

$$n_2 = \frac{z_1 \cdot n_1}{z_2} = \frac{36 \cdot 800/\text{min}}{48} = \mathbf{600/\text{min}}$$

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

6

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

7

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

8

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

9

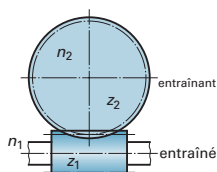
$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

10

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

11

$$p = \frac{F}{A}$$



Entraînement par vis sans fin

Exemple 2 :

$i = 4 : 7$; $n_1 = 400/\text{min}$; $n_2 = ?/\text{min}$

Solution :

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{400/\text{min} \cdot 7}{4} = \mathbf{700/\text{min}}$$

Exemple 3 :

$n_1 = 720/\text{min}$; $z_1 = 2$ (vis sans fin
 $n_2 = 18/\text{min}$; $z_2 = ?$ à deux filets)

Solution :

$$z_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{n_2} = \frac{720/\text{min} \cdot 2}{18/\text{min}} = \mathbf{80}$$

Avec presse hydraulique :

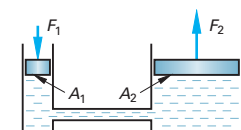
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

12

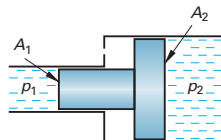
Transformateur de pression :

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

13



Presse hydraulique



Transformateur de pression

Exemple 4 :

$F_1 = 200 \text{ N}$; $A_1 = 40 \text{ cm}^2$; $A_2 = 1000 \text{ cm}^2$
 $F_2 = ? \text{ N}$

Solution :

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1} = 200 \text{ N} \cdot \frac{1000 \text{ cm}^2}{40 \text{ cm}^2} = \mathbf{5000 \text{ N}}$$

A surface
 A_1, A_2 surfaces des pistons
 D_1 à D_4 diamètres
 F force de pression

F_1, F_2 forces des pistons
 i rapport de transmission
 i_1, i_2 rapports de transmission individuels
 M_1, M_2 moments des couples

n_1, n_2 fréquences de rotation
 p pression
 p_1, p_2 pressions dans le cylindre
 z_1, z_2 nombres de dents, nombre de filets pour les vis sans fin

Pour A, D, M, n, p et z, indice 1 pour entraînant, indice 2 pour entraîné.