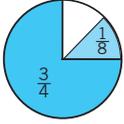


1	2	3	4	5	6
MATHÉMATIQUES	PHYSIQUE	GÉNIE DES MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE FABRICATION	TECHNIQUE DE DESSIN	ÉLECTROTECHNIQUE ET TECHNIQUES DE COMMANDE	TABLEAUX ET INDEX
Page 6	Page 28	Page 51	Page 88	Page 93	Page 118

<b>1 MATHÉMATIQUES ALGÈBRE - OPÉRATIONS DE BASE</b>	<b>6</b>
Calculs de fractions, ensembles de nombres	7
Puissance, racine, proportions	8
Equations	9
Fonctions	10
Vecteurs	13
Aires, périmètre	14
Surfaces partielles, longueurs partielles	16
Calcul appliqué	17
Centres de gravité	18
Solides	19
Triangle rectangle	23
Fonctions trigonométriques	24
Fonctions angulaires	25
Systèmes de coordonnées	26
Règle de trois, pourcentages, intérêts	27
<b>2 PHYSIQUE</b>	<b>28</b>
Embiilage, chute libre, force et accélération	28
Mouvement rectiligne uniforme, distance, temps, vitesse	29
Mouvement uniformément accéléré avec vitesse initiale	30
Mouvement circulaire	31
Masse, vecteurs forces	32
Vecteurs forces, forces	33
Moment, levier	34
Moment, réactions d'appui	35
Travail mécanique, énergie	36
Puissance	37
Rendement	40
Frottement	41
Machines simples	43
Vis, coin	44
Plan incliné, treuils, transmission	45
Pression, poussée d'Archimède	46
Pression	47
Température	48
Thermodynamique	49
Thermodynamique, mélange de deux liquides	51
<b>3 GÉNIE DES MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE FABRICATION</b>	<b>53</b>
Traction, compression, flexion, torsion, pression	53
Cisaillement, flambage	54
Cas de charge, essai de traction	55
Eprovettes de traction, essai de traction	56
Essai de dureté Brinell	57
Essai de dureté Rockwell	58
Essai de dureté Martens	59
Essais des matières plastiques	60
Diagramme de phase fer-carbone	61
Statique: cas de charge de flexion	62
Moment d'inertie, module de résistance	63
Tournage	64
Perçage et taraudage	66
Fraisage	67
Meulage	68
Vitesses sur les machines	69
Division par mécanisme diviseur	70
Dimensions de la roue dentée	72
Transmission	77
Valeurs appliquées pour la coupe, le cintrage	78
Valeurs appliquées pour le cintrage	79
Cintrage	80
Comparaison de différentes formes de section	81
Cornière	82
Profils de poutrelles en acier	83

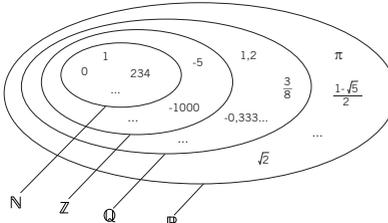
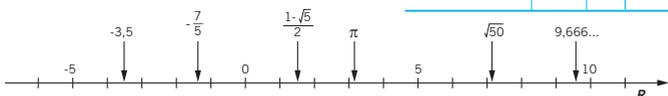
<b>4 TECHNIQUE DE DESSIN</b>	<b>88</b>
Constructions géométriques de base	88
<b>5 ÉLECTROTECHNIQUE ET TECHNIQUES DE COMMANDE</b>	<b>93</b>
Principes de l'électrotechnique	93
Résistances non-linéaires	100
Optoélectronique	102
Diodes	103
Transistor bipolaire	105
Effet magnétique du courant électrique	106
FEM induite	108
Régulateurs discontinus et numériques.	109
Technique de commande, technique digitale	110
Langages de programmation	111
Plans de trajet du courant	113
Capteurs	114
Mesures de protection	115
Mesures de protection	116
Fils et connexions.	117
<b>6 TABLEAUX ET INDEX</b>	<b>118</b>
Conversion entre unités	118
Symboles de formules, symboles mathématiques, alphabet grec	119
Unités SI	120
Multiples et sous-multiples d'unités, conversions	121
Matériaux, propriétés des matériaux	122
Éléments chimiques, métaux, alliages	123
Conductivité thermique, caractéristiques de l'acier, tôle, dimensions de retrait	126
Éléments chimiques, métaux, alliages	127
Coefficients de frottement	128
Classification périodique des éléments	129
Valeurs des fonctions trigonométriques sinus et cosinus	130
Valeurs des fonctions trigonométriques tangente et cotangente	131
Le nouveau système des couleurs distinctives des bouteilles de gaz.	132
Couleurs de sécurité, signaux d'interdiction	133
Signaux d'avertissement	134
Signaux de sécurité	135
Symboles de danger et indications de danger	137
Produits dangereux, Phrases R	138
Produits dangereux, Phrases S	139

Calculs de fractions, ensembles de nombres

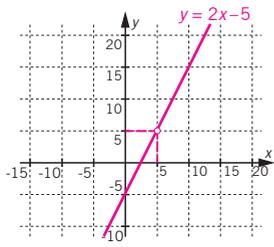
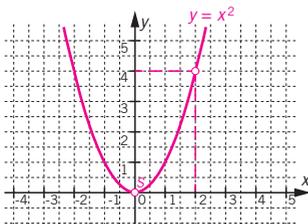
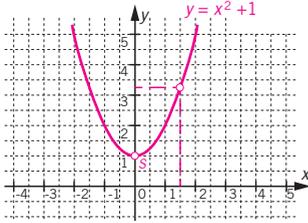
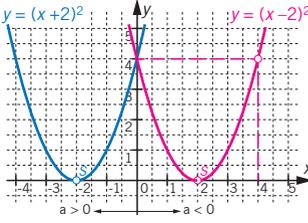
Méthode	Explication	Exemples
<b>Généralités</b> 	Une fraction est une partie d'un tout. Le dénominateur désigne la taille des parties, le numérateur le nombre de parties.  x Numérateur y Dénominateur	$\frac{3}{4} ; \frac{1}{8} ; \dots$  $\frac{x}{y}$
<b>Amplification</b>	Multiplication du numérateur et du dénominateur par le même nombre.	$\frac{a}{b} = \frac{a \cdot c}{b \cdot c} = \frac{a \cdot c}{b \cdot c}$
<b>Simplification</b>	Division du numérateur et du dénominateur par le même nombre.	$\frac{a \cdot b}{b \cdot c} = \frac{a \cdot \cancel{b}}{\cancel{b} \cdot c} = \frac{a}{c}$
<b>Addition et soustraction</b>	Pour les fractions de même dénominateur, additionner ou soustraire le numérateur. Si les dénominateurs sont différents, rechercher d'abord un dénominateur commun.	$\frac{x}{a} + \frac{y}{a} = \frac{x+y}{a}$  $\frac{a}{b} + \frac{2}{a} + \frac{b}{c} = \frac{a^2 \cdot c + 2 \cdot b \cdot c + a \cdot b^2}{a \cdot b \cdot c}$
<b>Multiplication</b> Une fraction par un entier relatif  Une fraction par une fraction	Multiplier le numérateur par le nombre.	$a \cdot \frac{b}{c} = \frac{a \cdot b}{c} = \frac{ab}{c}$
	Multiplier le numérateur par le numérateur et le dénominateur par le dénominateur.	$\frac{a}{b} \cdot \frac{x}{y} = \frac{a \cdot x}{b \cdot y} = \frac{ax}{by}$
<b>Division</b> Une division par un nombre entier  Une division par une division   Un nombre entier par une division	Diviser le numérateur par le nombre ou multiplier le dénominateur par le nombre.	$\frac{a}{b} : x = \frac{a}{x} = \frac{a}{b \cdot x}$
	Multiplier la fraction par la valeur inverse du diviseur.	$\frac{a}{b} : \frac{x}{y} = \frac{a}{b} \cdot \frac{y}{x} = \frac{ay}{bx}$  $\left(\frac{a}{b}\right) : \left(\frac{x}{y}\right) = \frac{a}{b} : \frac{x}{y} = \frac{a}{b} \cdot \frac{y}{x} = \frac{ay}{bx}$
	Multiplication d'un terme (nombre entier) par la valeur inverse de la fraction.	$x : \frac{a}{b} = \frac{x}{\left(\frac{a}{b}\right)} = \frac{x \cdot b}{a}$ $3 : \frac{a}{b} = \frac{3}{\left(\frac{a}{b}\right)} = \frac{3 \cdot b}{a}$
<b>Transposition</b> Fraction en nombre décimal  Nombre décimal en fraction	Diviser le numérateur par le dénominateur.	$\frac{3}{4} = 3 : 4 = 0,75$
	Ecrire la fraction décimale sous forme de fraction à dénominateur 1 et multiplier par le multiple de 10.	$0,314 = \frac{0,314}{1} = \frac{0,314 \cdot 1000}{1 \cdot 1000} = \frac{314}{1000}$

Ensembles de nombres

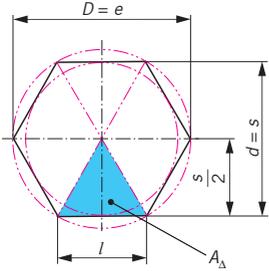
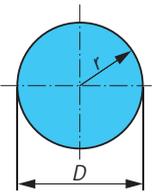
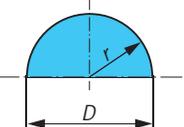
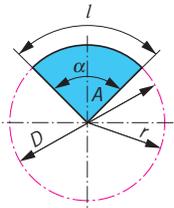
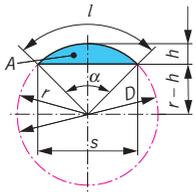
Ensembles de nombres	Notation	Exemples									
nombre naturels	$\mathbb{N}$	0	1	6	18	2076	...	...	...	...	...
nombre entiers relatifs	$\mathbb{Z}$	-74	-36	-2	0	6	473	...	...	...	...
nombre rationnels	$\mathbb{Q}$	-13	$-\frac{7}{4}$	$-\frac{2}{3}$	0	0,333	$\frac{5}{7}$	11	15,3	...	...
nombre réels	$\mathbb{R}$	-28	-3,7	$-\sqrt{2}$	0	$\frac{5}{3}$	2	$\pi$	$\sqrt{20}$	...	...

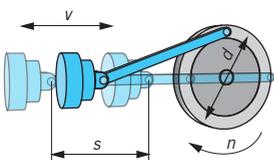
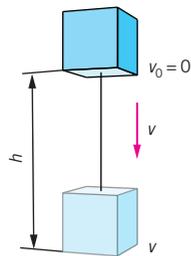
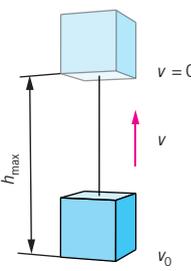
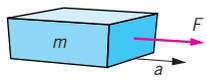
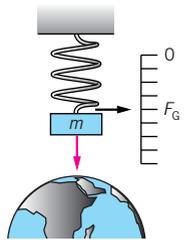
## Fonctions

Objet	Formule	Symbole	Explication
<b>Représentation graphique des fonctions</b>			
<b>Fonction affine</b> 	$y = mx + b$	$m$ $b$	Pente de la droite Ordonnée à l'origine
		Chaque équation de la fonction de forme $y = mx + b$ représente une droite dans le système d'axes.	
<b>Fonction quadratique</b> 	$y = x^2$	S	Sommet/Creux
		Chaque équation de la fonction de forme $y = x^2$ est une parabole, leur sommet passe par l'origine des axes.	
	$y = x^2 + b$	Chaque équation de la fonction de forme $y = x^2 + b$ est une parabole, qui est décalé d'une constante $b$ par rapport à la parabole $y = x^2$ . Le déplacement a lieu le long de l'axe $y$ . Le signe de $b$ détermine le sens du décalage. Le sommet $S$ a pour coordonnées $S(0/b)$ .	
	$y = (x + a)^2$	Chaque équation de la fonction de forme $y = (x + a)^2$ est une parabole, qui est décalé d'une constante $\pm a$ par rapport à la parabole $y = x^2$ . Le déplacement a lieu le long de l'axe $x$ . Le signe de $a$ détermine le sens du décalage. Le sommet $S$ a pour coordonnées $S(-a/0)$ et $S(+a/0)$ .	
	$y = (x + a)^2 + b$	Le sommet d'une parabole se situe à $(\pm a/b)$ , ces paraboles sont définies par entre les axes l'équation de la fonction $y = (x + a)^2 + b$ .  Les valeurs $a$ et $b$ définissent le décalage de la parabole $y = x^2$ dans le système d'axes avec $(\pm a)$ et $(b)$ .	

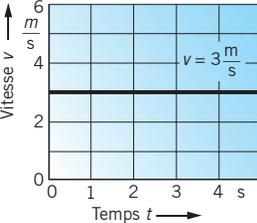
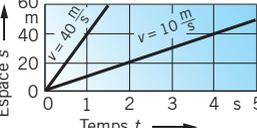
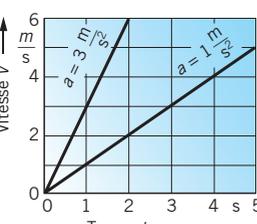
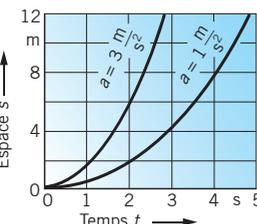
Aires, périmètre

Objet	Formule	Symbole	Explication																																								
<b>Polygone régulier</b> 	$A = A_A \cdot n$ $A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$ $l = D \cdot \sin\left(\frac{180^\circ}{n}\right)$	A A <sub>A</sub> n l d, s D, e	Aire totale Aire partielle Nombre de côtés Longueur des côtés Diamètre du cercle inscrit Diamètre du cercle extérieur																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre de côtés</th> <th colspan="3">A =</th> <th>d =</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>0,325 · D<sup>2</sup></td> <td>1,299 · d<sup>2</sup></td> <td>0,433 · l<sup>2</sup></td> <td>0,500 · e</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,500 · D<sup>2</sup></td> <td>1,000 · d<sup>2</sup></td> <td>1,000 · l<sup>2</sup></td> <td>0,707 · e</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,594 · D<sup>2</sup></td> <td>0,908 · d<sup>2</sup></td> <td>1,721 · l<sup>2</sup></td> <td>0,809 · e</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0,650 · D<sup>2</sup></td> <td>0,866 · d<sup>2</sup></td> <td>2,598 · l<sup>2</sup></td> <td>0,866 · e</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0,707 · D<sup>2</sup></td> <td>0,828 · d<sup>2</sup></td> <td>4,828 · l<sup>2</sup></td> <td>0,924 · e</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,735 · D<sup>2</sup></td> <td>0,812 · d<sup>2</sup></td> <td>7,964 · l<sup>2</sup></td> <td>0,951 · e</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0,750 · D<sup>2</sup></td> <td>0,804 · d<sup>2</sup></td> <td>11,196 · l<sup>2</sup></td> <td>0,966 · e</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre de côtés	A =			d =	3	0,325 · D <sup>2</sup>	1,299 · d <sup>2</sup>	0,433 · l <sup>2</sup>	0,500 · e	4	0,500 · D <sup>2</sup>	1,000 · d <sup>2</sup>	1,000 · l <sup>2</sup>	0,707 · e	5	0,594 · D <sup>2</sup>	0,908 · d <sup>2</sup>	1,721 · l <sup>2</sup>	0,809 · e	6	0,650 · D <sup>2</sup>	0,866 · d <sup>2</sup>	2,598 · l <sup>2</sup>	0,866 · e	8	0,707 · D <sup>2</sup>	0,828 · d <sup>2</sup>	4,828 · l <sup>2</sup>	0,924 · e	10	0,735 · D <sup>2</sup>	0,812 · d <sup>2</sup>	7,964 · l <sup>2</sup>	0,951 · e	12	0,750 · D <sup>2</sup>	0,804 · d <sup>2</sup>	11,196 · l <sup>2</sup>	0,966 · e		
Nombre de côtés	A =			d =																																							
3	0,325 · D <sup>2</sup>	1,299 · d <sup>2</sup>	0,433 · l <sup>2</sup>	0,500 · e																																							
4	0,500 · D <sup>2</sup>	1,000 · d <sup>2</sup>	1,000 · l <sup>2</sup>	0,707 · e																																							
5	0,594 · D <sup>2</sup>	0,908 · d <sup>2</sup>	1,721 · l <sup>2</sup>	0,809 · e																																							
6	0,650 · D <sup>2</sup>	0,866 · d <sup>2</sup>	2,598 · l <sup>2</sup>	0,866 · e																																							
8	0,707 · D <sup>2</sup>	0,828 · d <sup>2</sup>	4,828 · l <sup>2</sup>	0,924 · e																																							
10	0,735 · D <sup>2</sup>	0,812 · d <sup>2</sup>	7,964 · l <sup>2</sup>	0,951 · e																																							
12	0,750 · D <sup>2</sup>	0,804 · d <sup>2</sup>	11,196 · l <sup>2</sup>	0,966 · e																																							
<b>Disque</b> 	$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ $A = \pi \cdot r^2$ $p = \pi \cdot D$	A D r p	Aire en mm <sup>2</sup> Diamètre en mm Rayon $r = \frac{D}{2}$ en mm Périmètre en mm																																								
<b>Demi-disque</b> 	$A = \frac{\pi \cdot r^2}{2}$ $A = \frac{\pi \cdot D^2}{8}$	A r D	Aire en mm <sup>2</sup> Rayon en mm Diamètre en mm																																								
<b>Longueur d'arc, secteur circulaire</b> 	$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360^\circ}$ $A = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \alpha}{4 \cdot 360^\circ}$ $A = \frac{l \cdot r}{2}$  Radian: $\hat{l} = \frac{\pi \cdot \alpha}{180^\circ}$ $\alpha = \frac{r}{180^\circ} \text{ (rad)}$	l α  A D r $\hat{l}$	Longueur d'arc en mm Angle au centre en ° 360° = 21 600' Aire du secteur circulaire en mm <sup>2</sup> Diamètre en mm Rayon $r = \frac{D}{2}$ en mm Mesure d'arc = Longueur de l'arc de cercle de rayon r = 1 en rad.																																								
<b>Longueur de la corde, hauteur d'arc, segment de disque</b> 	$s = D \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \sqrt{h(2r-h)}$ $h = \frac{D}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) = r - \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}}$ $A = \frac{l \cdot r - s(r-h)}{2}$ $A \approx \frac{2}{3} \cdot s \cdot h$ ; $l = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360^\circ}$	s  l h α r A	Longueur de la corde en mm Longueur d'arc en mm Hauteur d'arc en mm Angle d'arc en ° Rayon $r = \frac{D}{2}$ Aire du segment de disque en mm																																								

**Embiellage, chute libre, force et accélération**

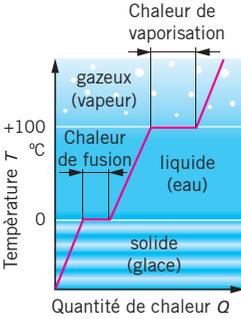
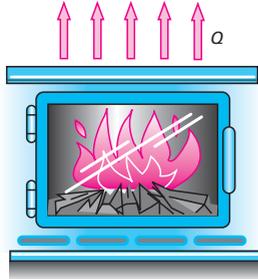
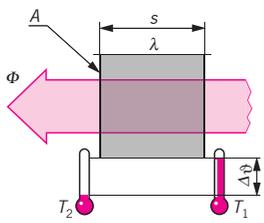
Objet	Formule	Symbole	Explication
<b>Embiellage</b> (mouvement aller et retour de la bielle) 	Mesure $v = 2 \cdot s \cdot \frac{n}{60}$ $s = d$ $s = \frac{60 \cdot v}{2 \cdot s} \quad s = \frac{60 \cdot v}{2 \cdot n}$	d s n v	Diamètre de la roue en m Course en m Fréquence de rotation de la manivelle en $\frac{\text{tr}}{\text{min}}$ Vitesse moyenne du piston en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
<b>Chute libre</b> $v_0 = 0$ 	$v = g \cdot t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ $h = \frac{g \cdot t^2}{2} = \frac{v \cdot t}{2}$ $t = \frac{v}{g} = \frac{2 \cdot h}{v} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$	g h t v	Accélération gravitationnelle en $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (Terre: $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ; Lune: $1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ) Hauteur en m Temps en s Vitesse finale en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
<b>Jet vertical vers le haut</b> 	$h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$ $t = \frac{v_0}{g} = \frac{2 \cdot h_{\text{max}}}{v_0}$ $v_0 = g \cdot t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{\text{max}}}$ $v_0 = \frac{2 \cdot h_{\text{max}}}{t}$	g h <sub>max</sub> t v <sub>0</sub>	Accélération gravitationnelle en $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (Terre: $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ; Lune: $1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ) Hauteur maximale en m Temps en s Vitesse initiale en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
<b>Force et accélération</b> cas général 	$F = m \cdot a$ $m = \frac{F}{a}$ $a = \frac{F}{m}$	a m F	Accélération en $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ Masse en kg Force en N
<b>Poids/gravitation</b> 	$F_G = m \cdot g$ $g = \frac{F_G}{m}$ $m = \frac{F_G}{g}$	g m F <sub>G</sub>	Accélération gravitationnelle en $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (Terre: $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ; Lune: $1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ) Masse en kg Poids/ gravitation en N

Mouvement rectiligne uniforme, distance, temps, vitesse

Objet	Formule	Symbole	Explication
<p><b>Mouvement rectiligne uniforme (MRU)</b></p>  <p>Diagramme vitesse-temps</p>  <p>Diagramme espace-temps</p> 	$s = v \cdot t$ $v = \frac{s}{t}$ $t = \frac{s}{v}$	<p><math>v</math></p> <p><math>s</math></p> <p><math>t</math></p>	<p>Vitesse en <math>\frac{m}{s}</math></p> <p>Distance parcourue (espace) en <math>m</math></p> <p>Temps en <math>s</math></p> $1 \frac{m}{min} = \frac{1}{60} \frac{m}{s} = 0,06 \frac{km}{h}$ $1 \frac{m}{s} = 60 \frac{m}{min} = 3,6 \frac{km}{h}$
<p><b>Mouvement rectiligne uniformément accéléré (décélééré) (MRUA)</b></p> <p>Diagramme vitesse-temps</p>  <p>Diagramme espace-temps</p> 	<p>Vitesse finale ou initiale pour le démarrage et l'arrêt</p> $v = a \cdot t$ $v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s}$ $a = \frac{v}{t} \quad t = \frac{v}{a}$ $a = \frac{v^2}{2 \cdot s} \quad s = \frac{v^2}{2 \cdot a}$ <p>Distance d'accélération ou distance de décélération pour le démarrage et l'arrêt</p> $s = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t$ $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $s = \frac{v^2}{2 \cdot a}$ $v = \frac{2 \cdot s}{t} \quad t = \frac{2 \cdot s}{v}$ $a = \frac{2 \cdot s}{t^2} \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$	<p><math>v</math></p> <p><math>s</math></p> <p><math>t</math></p> <p><math>a</math></p>	<p>On désigne par accélération l'augmentation de la vitesse par unité de temps et par décélération sa diminution.</p> <p>Vitesse finale ou vitesse initiale en <math>\frac{m}{s}</math></p> <p>Distance parcourue (espace) en <math>m</math></p> <p>Temps en <math>s</math></p> <p>Accélération ou décélération en <math>\frac{m}{s^2}</math></p> <p>La chute libre est un mouvement accéléré constant, sous l'effet de la pesanteur <math>g</math>.</p> $g = 9,81 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2}$



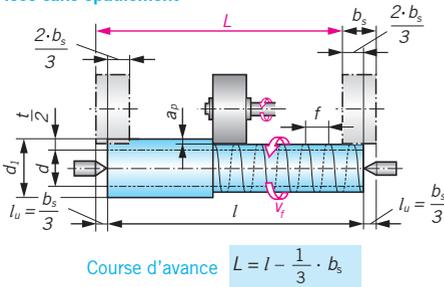
Thermodynamique

Objet	Formule	Symbole	Explication
<p><b>Chaleur de fusion, chaleur de vaporisation</b></p> 	<p>Chaleur de fusion</p> $Q = m \cdot l_f$ <p>Chaleur de vaporisation</p> $Q = m \cdot l_v$	<p><math>Q</math></p> <p><math>l_f</math></p> <p><math>l_v</math></p> <p><math>m</math></p>	<p>Chaleur de fusion ou Chaleur de vaporisation en kJ</p> <p>Chaleur massique de fusion en <math>\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}</math></p> <p>Chaleur massique de vaporisation en <math>\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}</math></p> <p>Masse en kg</p> <p><math>1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ MJ} = 3\,600 \text{ kJ} = 3\,600\,000 \text{ J}</math></p> <p><math>1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}</math></p> <p><math>1 \text{ MJ} = \frac{1}{3,6} \text{ kW} \cdot \text{h}</math></p>
<p><b>Chaleur par combustion</b></p> 	<p>Chaleur de combustion des combustibles solides et liquides</p> $Q = m \cdot H$ <p>Chaleur de combustion du gaz</p> $Q = V \cdot H_i$	<p><math>Q</math></p> <p><math>H</math></p> <p><math>H_i</math></p> <p><math>m</math></p> <p><math>V</math></p>	<p>Chaleur de combustion en MJ</p> <p>Pouvoir calorifique des combustibles solides et liquides en <math>\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}</math></p> <p>Pouvoir calorifique spécifique des gaz en <math>\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}</math></p> <p>Masse des combustibles solides et liquides en kg</p> <p>Volume du gaz de combustion en <math>\text{m}^3</math></p> <p><math>1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ MJ} = 3\,600 \text{ kJ} = 3\,600\,000 \text{ J}</math></p> <p><math>1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}</math></p> <p><math>1 \text{ MJ} = \frac{1}{3,6} \text{ kW} \cdot \text{h}</math></p>
<p><b>Flux thermique (paroi plane)</b></p> 	$\Phi = A \cdot U \cdot \Delta\vartheta \quad U = \frac{\lambda}{s}$ $\Phi = A \cdot \frac{\lambda}{s} \cdot \Delta\vartheta \quad R = \frac{1}{U}$ $Q = \Phi \cdot t$ <p>Le flux thermique «s'écoule» toujours à partir de la zone à faible température.</p>	<p><math>\Phi</math></p> <p><math>\lambda</math></p> <p><math>s</math></p> <p><math>A</math></p> <p><math>\Delta\vartheta, \Delta T</math></p> <p><math>U</math></p> <p><math>R</math></p> <p><math>Q</math></p> <p><math>t</math></p>	<p>Flux thermique en W</p> <p>Conductivité thermique en <math>\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}</math></p> <p>Epaisseur de l'élément de construction en m</p> <p>Aire de l'élément de construction en <math>\text{m}^2</math></p> <p>Différence de température en <math>^\circ\text{C}, \text{K}</math></p> <p>Coefficient de transfert de chaleur en <math>\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}</math></p> <p>Résistivité thermique en <math>\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}</math></p> <p>Energie calorifique en Wh</p> <p>Temps en h</p>

# Meulage

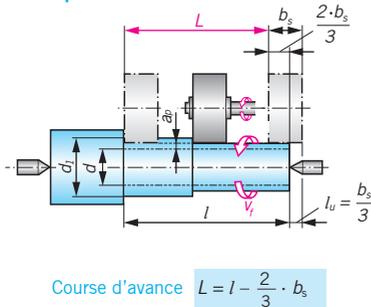
## Rectification cylindrique longitudinale

### Pièce sans épaulement



$t_c$	Temps de coupe	$t$	Surépaisseur de meulage
$L$	Course	$l$	Longueur de pièce
$i$	Nombre de passes	$b_s$	Largeur de meule
$n$	Fréquence de rotation de la pièce	$d_1$	Diamètre initial de la pièce
$f$	Avance à chaque tour de pièce	$d$	Diamètre final de la pièce
$v_t$	Vitesse d'avance	$l_u$	Dégagement
$a_p$	Profondeur de coupe		

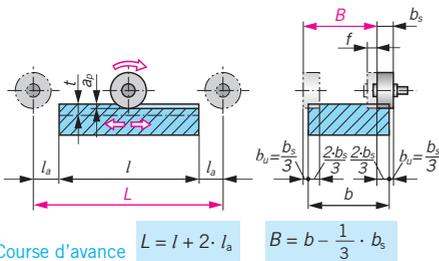
### Pièce avec épaulement



Temps de coupe	$t_c = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$	Nombre de coupes pour rectification cylindrique extérieure	$i = \frac{d_1 - d}{2 \cdot a_p} + 2^1$
Fréquence de rotation de la pièce	$n = \frac{v_t}{\pi \cdot d_1}$	Nombre de coupes pour rectification cylindrique intérieure	$i = \frac{d - d_1}{2 \cdot a_p} + 2^1$
<sup>1</sup> 2 coupes pour arrêter l'étincelage, pour des degrés de tolérances inférieures, des coupes supplémentaires sont nécessaires.			
Avance pour le dégrossissage	$f = \frac{2}{3} \cdot b_s$ bis $\frac{3}{4} \cdot b_s$		
Avance pour le dressage	$f = \frac{1}{4} \cdot b_s$ bis $\frac{1}{2} \cdot b_s$		

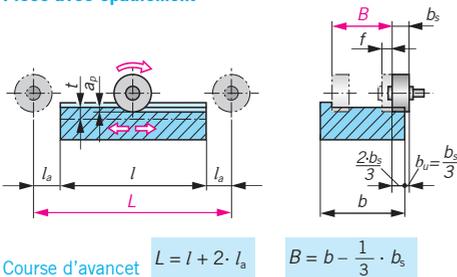
## Rectification plane périphérique

### Pièce sans épaulement



$t_c$	Temps de coupe	$t$	Surépaisseur de meulage
$L$	Course	$l$	Longueur de pièce
$i$	Nombre de passes	$b_s$	Largeur de meule
$n$	Nombre de passes par minute	$b$	Largeur de pièce
$f$	Avancet transversal par déplacement	$b_u$	Largeur de dégagement
$v_t$	Vitesse d'avance	$B$	Largeur de meulage
$a_p$	Profondeur de coupe	$l_u$	Approche, dégagement

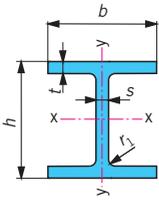
### Pièce avec épaulement



Temps de coupe	$t_c = \frac{i}{n} \cdot \left( \frac{B}{f} + 1 \right)$	Nombre de passes	$i = \frac{f}{a_p} + 2^1$
Fréquence de rotation de la pièce	$n = \frac{v_t}{L}$	<sup>1</sup> 2 passes pour arrêter l'étincelage	
Avance transversal pour le dégrossissage	$f = \frac{2}{3} \cdot b_s$ à $\frac{4}{5} \cdot b_s$		
Avance pour le dressage	$f = \frac{1}{2} \cdot b_s$ à $\frac{2}{3} \cdot b_s$		

## Profils de poutrelles en acier

### Poutre en I laminée à chaud large du type IPB 220 DIN 1025-2



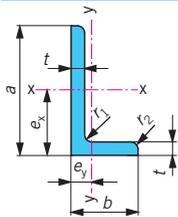
$$r_1 \approx 2 \cdot s$$

Exemple: Profil en I DIN 1025 – S235JR – IPB360  
ou Profil en I DIN 1025 – 1.0112 – IPB360

Hauteur  $h = 360$  mm  
 Largeur  $b = 300$  mm  
 Surface de la section transversale  $A = 18100$  mm<sup>2</sup>  
 Moment d'inertie  $I_x = 43190 \cdot 10^4$  mm<sup>4</sup>  
 Module de résistance  $W_x = 2400 \cdot 10^3$  mm<sup>3</sup>

Symbole IPB	Dimensions				Surface de la section transversale A mm <sup>2</sup>	pour les axes de flexion				Poids linéique m N/m
	h mm	b mm	s mm	t mm		x - x		y - y		
						$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	
100	100	100	6	10	2600	450	89,3	167	33,5	200,12
120	120	120	6,5	11	3400	864	144	318	52,9	261,93
140	140	140	7	12	4300	1510	216	550	78,5	330,60
160	160	160	8	13	5430	2490	311	889	111	417,91
180	180	180	8,5	14	6530	3830	426	1360	151	502,27
200	200	200	9	15	7810	5700	570	2000	200	601,35
220	220	220	9,5	16	9100	8090	736	2840	258	701,42
240	240	240	10	17	10600	11260	938	3920	327	816,19
260	260	260	10	17,5	11800	14920	1150	5130	395	912,33
280	280	280	10,5	18	13100	19270	1380	6590	471	1010,43
300	300	300	11	19	14900	25170	1680	8560	571	1147,77
320	320	300	11,5	20,5	16100	30820	1930	9240	616	1245,87
340	340	300	12	21,5	17100	36660	2160	9690	646	1314,54
360	360	300	12,5	22,5	18100	43190	2400	10140	676	1393,02
400	400	300	13,5	24	19800	57680	2880	10820	721	1520,55
450	450	300	14	26	21800	79890	3550	11720	781	1677,51
500	500	100	14,5	28	23900	107200	4290	12620	842	1834,47

### Angles à bras inégaux EN 10056-1



$r_1$  = Rayon de courbure  
 $r_2$  = Rayon de cintrage des arêtes

Exemple: Profil en L EN 10056–1–30 x 20 x 4–S235JRG1

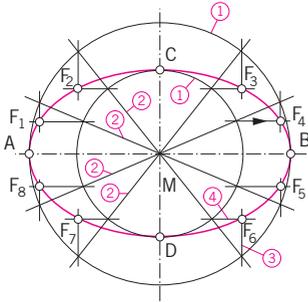
Largeur du bras  $a = 30$  mm  
 $b = 20$  mm  
 Epaisseur du bras  $t = 4$  mm  
 Surface de la section transversale  $A = 1,86$  cm<sup>2</sup>  
 Moment d'inertie  $I_x = 1,59$  cm<sup>4</sup>  
 Module de résistance  $W_x = 0,807$  cm<sup>3</sup>

Symbole L	Dimensions				Section A cm <sup>2</sup>	Distances des axes		pour les axes de flexion				Masse linéique m kg/m
	a mm	b mm	t mm	$r_1$ mm		$e_x$ cm	$e_y$ cm	x - x		y - y		
								$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	
30 x 20 x 3	30	20	3	4	1,43	0,990	0,502	1,25	0,621	0,437	0,292	1,12
30 x 20 x 4	30	20	4	4	1,86	1,03	0,541	1,59	0,807	0,553	0,379	1,46
40 x 20 x 4	40	20	4	4	2,26	1,47	0,480	3,59	1,42	0,600	0,393	1,77
40 x 25 x 4	40	25	4	4	2,46	1,36	0,623	3,89	1,47	1,16	0,619	1,93
50 x 30 x 5	50	30	5	5	3,78	1,73	0,741	9,36	2,86	2,51	1,11	2,96
60 x 30 x 5	60	30	5	5	4,28	2,17	0,684	15,6	4,07	2,63	1,14	3,36
60 x 40 x 5	60	40	5	6	4,79	1,96	0,972	17,2	4,25	6,11	2,02	3,76
60 x 40 x 6	60	40	6	6	5,68	2,00	1,101	20,1	5,03	7,12	2,38	4,46
80 x 40 x 6	80	40	6	7	6,89	2,85	0,884	44,9	8,73	7,59	2,44	5,41
80 x 40 x 8	80	40	8	7	9,01	2,94	0,963	57,6	11,4	9,61	3,16	7,07
100 x 50 x 6	100	50	6	8	8,71	3,51	1,05	89,9	13,8	15,4	3,89	6,84
100 x 50 x 8	100	50	8	8	11,40	3,60	1,13	116,6	18,2	19,7	5,08	8,97



# Constructions géométriques de base

## Constructions d'ellipses



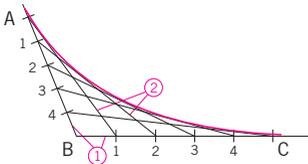
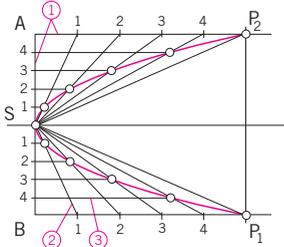
### A cercles concentriques

$\overline{AB} \triangleq$  grand axe de l'ellipse

$\overline{CD} \triangleq$  petit axe de l'ellipse

1. On dessine autour du point central M deux cercles concentriques de rayons  $\frac{CM}{2}$  et  $\frac{AM}{2}$ .
2. On trace plusieurs diamètres du grand cercle sous n'importe quel angle.
3. A partir de leurs points d'intersection avec le petit cercle, on trace des droites horizontales et à partir de leurs points d'intersection avec le grand cercle, on trace des droites verticales.
4. Les droites horizontales et verticales se coupent aux points de l'ellipse  $F_1, F_2, F_3, \dots$

## Parabole



### Parabole, lorsque le point au sommet S et les points de la parabole $P_1, P_2$ sont donnés

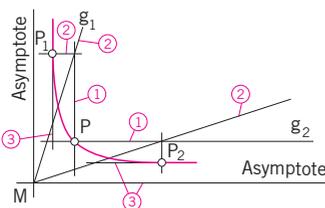
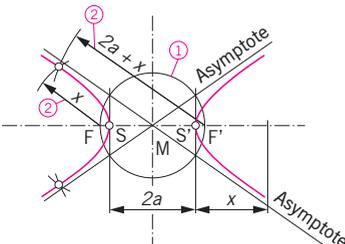
1. Les côtés du rectangle  $\overline{AP_2}, \overline{BP_1}$ , et les segments  $\overline{AS}, \overline{BS}$  sont partagés en parts égales. Si l'on relie les points des parties avec les mêmes nombres, on obtient les points de la parabole.
2. Les points sur  $\overline{AP_2}$  et  $\overline{BP_1}$  relient avec S.
3. Des lignes horizontales par les points partiels sur  $\overline{AS}$  et  $\overline{BS}$  donnent des points de parabole.

### Parabole lorsque les tangentes sont données (construction en enveloppe)

1. Les tangentes  $\overline{AB}$  et  $\overline{BC}$  sont divisées en parts égales.
2. Si l'on relie les points des parties avec les mêmes nombres (1/1, 2/2 ...), on obtient les tangentes de la parabole.

La parabole n'affecte pas les tangentes dans les points A et C.

## Hyperbole



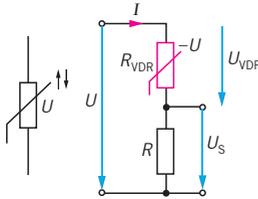
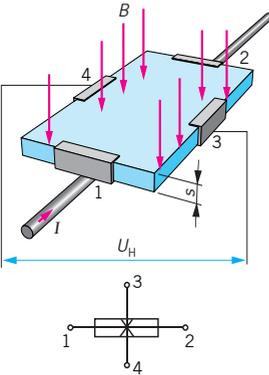
### Hyperbole, lorsque les foyers $F, F'$ et les asymptotes sont donnés

1. Les points d'intersection du cercle (autour de M et passant par F et F' avec les asymptotes) sont projetés sur l'axe et donnent le sommet de l'hyperbole S et S'.
2. Les points de l'hyperbole sont obtenus par les intersections de deux arcs de cercle autour de F ou F' de rayons quelconques x ou  $2a + x$ .

### Hyperbole équilatérale, lorsque le point de l'hyperbole P et les asymptotes sont donnés

1. On trace par le point P une parallèle  $g_1$  et  $g_2$ , en direction des asymptotes.
2. Des demi-droites coupent les parallèles  $g_1$  et  $g_2$ .
3. Des parallèles sont à nouveau tracées vers les asymptotes, donnant les points  $P_1, P_2$  etc. de la courbe.

## Résistances non-linéaires

Objet	Formule	Symbole	Explication
<b>Résistance VDR <sup>1</sup></b>   <p>La résistance des VDR diminue lorsque la tension augmente.</p>	$I = k \cdot (U_{VDR})^\alpha$	$I$	Courant dans la VDR en A
	$R_{VDR} = \frac{U_{VDR}}{I} = \frac{1}{k \cdot (U_{VDR})^\alpha}$	$U_{VDR}$	Tension sur la VDR en V
	$P_{VDR} = U_{VDR} \cdot I = k \cdot (U_{VDR})^{\alpha+1}$	$k$	Constante de la VDR (dependant de la construction) en $\frac{A}{V}$
	$\alpha = \frac{\log I_2 - \log I_1}{\log U_2 - \log U_1}$	$\alpha$	Coefficient de non-linéarité
	$U_S = U \cdot \frac{R}{R + R_{VDR}}$	$U_1, U_2$	Valeur de la tension pour deux points de fonctionnement en V
		$I_1, I_2$	Valeurs du courant pour deux points de fonctionnement en A
		$P_{VDR}$	Puissance dans la VDR en W
		$R$	Résistance en $\Omega$
		$R_{VDR}$	Résistance de la VDR en $\Omega$
			<sup>1</sup> de Voltage Dependent Resistor (angl.) = Résistance dépendante de la tension
<b>Capteur à effet Hall</b>   <p>La tension de Hall <math>U_H</math> fournie dépend du courant d'excitation et de l'induction magnétique (champ magnétique)</p>	$U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{s}$	$U_H$	Tension Hall en V
		$I$	Courant d'excitation en A
		$B$	Induction magnétique en T
		$s$	Epaisseur de la plaquette en m
		$R_H$	Constante de Hall en $\frac{m^3}{A \cdot s}$
		$R_H$	Germanium: $R_H = 1 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{A \cdot s}$
			Bismuth: $R_H = 0,5 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{A \cdot s}$
			Indium-antimoine: $R_H = 240 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{A \cdot s}$
			Indium-arsenic: $R_H = 120 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{A \cdot s}$

Notes

# Régulateurs discontinus et numériques

## Régulateurs à commutation (discontinus)

### Termes essentiels

#### Commande

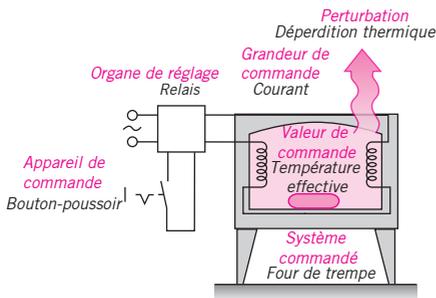
Pour la commande, la valeur de sortie, par exemple la température d'un four de trempe, dépend de la valeur d'entrée, par ex. de l'intensité dans la résistance de chauffe. La valeur de sortie ne réagit pas sur la valeur d'entrée. La commande présente un chemin d'action ouvert.

#### Régulation

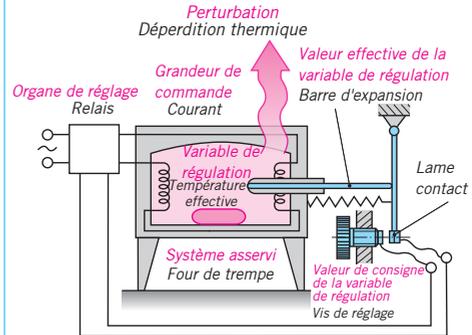
Pour la régulation, la valeur réglée, par exemple la température effective d'un four de trempe, est mesurée en permanence. La valeur réglée est comparée à la valeur nominale (grandeur pilote), et en cas d'écart, ramenée à la grandeur pilote. La régulation présente un circuit d'action fermé.

### Exemple: four de trempe

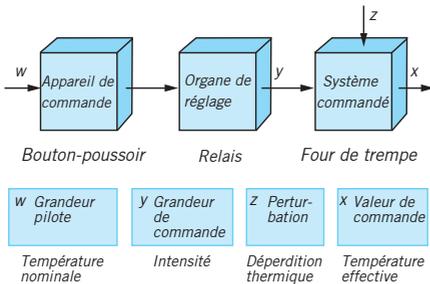
#### Représentation sous forme de schéma



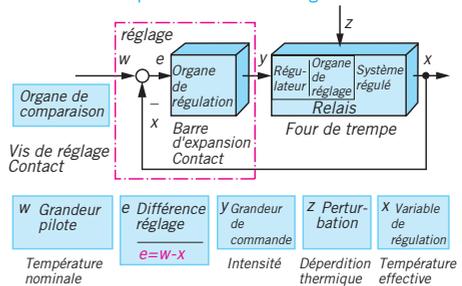
#### Représentation sous forme de schéma



#### Plan d'action de la chaîne de commande



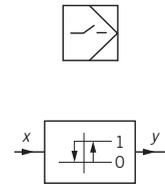
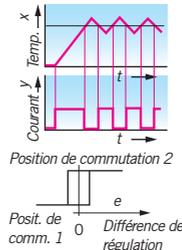
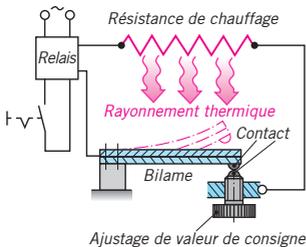
#### Plan d'action simplifié du circuit de régulation



Les régulateurs à commutation agissent sur la grandeur de commande y de manière discontinue en commutant à plusieurs niveaux.

Type de régulateur	Exemple, Description	Réponse indicielle, comportement de commutation	Symbole Représentation en bloc
--------------------	----------------------	---	-----------------------------------

#### Régulateur à deux positions



# Technique de commande, technique digitale

## Logique de commutation

Fonction	Symbole graphique Equation logique	Table de vérité	Réalisation technique																					
			pneumatique	électrique																				
<b>ET</b> (AND)	$A = E1 \wedge E2$ ou: $A = E1 \cdot E2$	<table border="1"> <thead> <tr><th>E1</th><th>E2</th><th>A</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	E1	E2	A	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1							
E1	E2	A																						
0	0	0																						
0	1	0																						
1	0	0																						
1	1	1																						
<b>OU</b> (OR)	$A = E1 \vee E2$ ou: $A = E1 + E2$	<table border="1"> <thead> <tr><th>E1</th><th>E2</th><th>A</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	E1	E2	A	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1							
E1	E2	A																						
0	0	0																						
0	1	1																						
1	0	1																						
1	1	1																						
<b>NON</b> (NOT)	$A = \bar{E}$	<table border="1"> <thead> <tr><th>E</th><th>A</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	E	A	0	1	1	0																
E	A																							
0	1																							
1	0																							
<b>NON-ET</b> (NAND)	$A = \overline{E1 \wedge E2}$ ou: $A = \overline{E1 \cdot E2}$	<table border="1"> <thead> <tr><th>E1</th><th>E2</th><th>A</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	E1	E2	A	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0							
E1	E2	A																						
0	0	1																						
0	1	1																						
1	0	1																						
1	1	0																						
<b>NON-OU</b> (NOR)	$A = \overline{E1 \vee E2}$ ou: $A = \overline{E1 + E2}$	<table border="1"> <thead> <tr><th>E1</th><th>E2</th><th>A</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	E1	E2	A	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0							
E1	E2	A																						
0	0	1																						
0	1	0																						
1	0	0																						
1	1	0																						
<b>OU exclusive</b> (XOR)	$A = (E1 \wedge \bar{E2}) \vee (\bar{E1} \wedge E2)$ ou: $A = (E1 \cdot \bar{E2}) + (\bar{E1} \cdot E2)$	<table border="1"> <thead> <tr><th>E1</th><th>E2</th><th>A</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	E1	E2	A	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0							
E1	E2	A																						
0	0	0																						
0	1	1																						
1	0	1																						
1	1	0																						
Mémoire (RS Flip-Flop)	S SET R RESET	<table border="1"> <thead> <tr><th>E1</th><th>E2</th><th>A1</th><th>A2</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>•</td><td>•</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>□</td><td>□</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etat inchangé</li> <li>□ Etat indéterminé</li> </ul>	E1	E2	A1	A2	0	0	•	•	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	□	□		
E1	E2	A1	A2																					
0	0	•	•																					
0	1	0	1																					
1	0	1	0																					
1	1	□	□																					

E et A sont utilisés dans les représentations logiques neutres. Les représentations techniques divergent des graphiques dans le tableau. Ce sont les symboles utilisés qui sont représentés, p. ex. S<sub>1</sub> (bouton), V (vanne), plutôt que E (entrée) et A (sortie).

## Éléments chimiques, métaux, alliages

## Valeur matérielle

Solides	Masse volumique $\rho$ kg/dm <sup>3</sup>	Point de fusion $\vartheta$ °C	Point d'ébullition $\vartheta$ °C	Conductivité thermique $\lambda$ W/(m · K)	Chaleur massique $c$ kJ/(kg · K) (0 ... 100 °C)	Resistivité à 20 °C $\varrho$ Ω · mm <sup>2</sup> / m	Coefficient de dilatation linéaire $\alpha$ K <sup>-1</sup> (0 ... 100 °C)
Acier, allié	7,9	≈ 1500	–	14	0,51	0,7	1,61 · 10 <sup>-5</sup>
Acier, non allié	7,85	≈ 1500	2500	48 ... 58	0,49	0,14 ... 0,18	1,19 · 10 <sup>-5</sup>
Aluminium (Al)	2,7	659	2467	204	0,94	0,028	2,38 · 10 <sup>-5</sup>
Amiante	2,1 ... 2,8	≈ 1300	–	–	0,81	–	–
Antimoine (Sb)	6,69	630,5	1637	22	0,21	0,39	1,08 · 10 <sup>-5</sup>
Argent (Ag)	10,5	961,5	2180	407	0,23	0,015	1,93 · 10 <sup>-5</sup>
Beryllium (Be)	1,85	1280	≈ 3000	165	1,02	0,04	1,23 · 10 <sup>-5</sup>
Béton	1,8 ... 2,2	–	–	≈ 1	0,88	–	1 <sup>-5</sup>
Bismuth (Bi)	9,8	271	1560	8,1	0,12	1,25	1,25 · 10 <sup>-5</sup>
Bois (séché à l'air)	0,20 ... 0,72	–	–	0,06 ... 0,17	2,1 ... 2,9	–	≈ 4 · 10 <sup>-5,2</sup>
Bronze (alliage CuSn)	7,4 ... 8,9	900	2300	46	0,38	0,02 ... 0,03	1,75 · 10 <sup>-5</sup>
Cadmium (Cd)	8,64	321	765	91	0,23	0,077	3 · 10 <sup>-5</sup>
Caoutchouc mousse	0,06 ... 0,25	–	–	0,04 ... 0,06	–	–	–
Carbone (diamant)	3,51	≈ 3550	–	–	0,52	–	0,118 · 10 <sup>-5</sup>
Carbure de Silicium (SiC)	2,4	se décompose au-dessus de 3000 °C en C et Si		9 <sup>1</sup>	1,05 <sup>1</sup>	–	–
Chrome (Cr)	7,2	1903	2642	69	0,46	0,13	8,4 · 10 <sup>-5</sup>
Cobalt (Co)	8,9	1493	2880	69,1	0,43	0,062	1,27 · 10 <sup>-5</sup>
Coke	1,6 ... 1,9	–	–	0,18	0,83	–	–
Constantan	8,89	1260	≈ 2400	23	0,41	0,49	1,52 · 10 <sup>-5</sup>
Corindon (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,9 ... 4,0	2050	2700	12 ... 23	0,96	–	0,65 · 10 <sup>-5</sup>
Cuivre (Cu)	8,96	1083	≈ 2595	384	0,39	0,0179	1,68 · 10 <sup>-5</sup>
Cuproaluminium (alliage CuAl)	7,4 ... 7,7	1040	2300	61	0,44	–	1,95 · 10 <sup>-5</sup>
Etain (Sn)	7,29	231,9	2687	65,7	0,24	0,114	2,3 · 10 <sup>-5</sup>
Fer (Fe)	7,87	1536	3070	81	0,47	0,13	1,2 · 10 <sup>-5</sup>
Fonte	7,25	1150 ... 1200	2500	58	0,50	0,6 ... 1,6	1,05 · 10 <sup>-5</sup>
Glace	0,92	0	100	2,3	2,09	–	5,1 · 10 <sup>-5</sup>
Graisse	0,92 ... 0,94	30 ... 175	≈ 300	0,21	–	–	–
Graphite (C)	2,26	≈ 3550	≈ 4800	168	0,71	–	0,78 · 10 <sup>-5</sup>
Iode (I)	5,0	113,6	183	0,44	0,23	–	–
Iridium (Ir)	22,4	2443	> 4350	59	0,13	0,053	0,65 · 10 <sup>-5</sup>
Laiton (alliage CuZn)	8,4 ... 8,7	900 ... 1000	2300	105	0,39	0,05 ... 0,07	1,85 · 10 <sup>-5</sup>
Liège	0,1 ... 0,3	–	–	0,04 ... 0,06	1,7 ... 2,1	–	–
Magnésium (Mg)	1,74	650	1120	172	1,04	0,044	2,6 · 10 <sup>-5</sup>
Magnésium alliage	≈ 1,8	≈ 630	1500	46 ... 139	–	–	2,45 · 10 <sup>-5</sup>
Manganèse (Mn)	7,43	1244	2095	21	0,48	0,39	2,3 · 10 <sup>-5</sup>
Métal dur (K 20)	14,8	> 2000	≈ 4000	81,4	0,80	–	0,5 · 10 <sup>-5</sup>
Molybdène (Mo)	10,22	2620	4800	145	0,26	0,054	0,52 · 10 <sup>-5</sup>
Nickel (Ni)	8,91	1455	2730	59	0,45	0,095	1,3 · 10 <sup>-5</sup>
Niobium (Nb)	8,55	2468	≈ 4800	53	0,273	0,217	0,71 · 10 <sup>-5</sup>
Or (Au)	19,3	1064	2707	310	0,13	0,022	1,42 · 10 <sup>-5</sup>
Oxyde de fer (rouille)	5,1	1570	–	0,58 (pulv.)	0,67	–	–
Phosphore, jaune (P)	1,82	44	280	–	0,80	–	–
Pierre de charbon	1,35	–	–	0,24	1,02	–	–
Platine	21,5	1769	4300	70	0,13	0,098	0,9 · 10 <sup>-5</sup>
Plâtre	2,3	1200	–	0,45	1,09	–	–
Plomb (Pb)	11,3	327,4	1751	34,7	0,13	0,208	2,9 · 10 <sup>-5</sup>
Polystyrène	1,05	–	–	0,17	1,3	10 <sup>10</sup>	7 · 10 <sup>-5</sup>
Porcelaine	2,3 ... 2,5	≈ 1600	–	1,6 <sup>3</sup>	1,2 <sup>3</sup>	10 <sup>12</sup>	0,4 · 10 <sup>-5</sup>

<sup>1</sup> Température de transformation    <sup>2</sup> transversal à la fibre    <sup>3</sup> à 800 °C

## Le nouveau système des couleurs distinctives des bouteilles de gaz

Gaz industriels		Couleurs <sup>1</sup>			
Type de gaz		Ancien		Nouveau <sup>2</sup>	
Acétylène	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>		orange		RAL 3009 rouge oxyde
Air			brun		RAL 6018 vert jaune
Air synthétique			gris		RAL 6018 vert jaune
Ammoniac	NH <sub>3</sub>		violet		RAL 1018 jaune zinc
Argon	Ar		brun/vert		RAL 6001 vert émeraude
Azote	N <sub>2</sub>		vert		RAL 9005 noir foncé
Chlore	Cl <sub>2</sub>		jaune		RAL 1018 jaune zinc
Chlorure d'hydrogène	HCl		jaune/rouge		RAL 1018 jaune zinc
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>		noir		RAL 7037 gris poussière
Hélium	He		jaune/vert		RAL 8008 brun olive
Hydrogène	H <sub>2</sub>		rouge		RAL 3000 rouge feu
Krypton, Néon, Xénon	Kr/Ne/Xe	 	noir gris		RAL 6018 vert jaune
Méthane	CH <sub>4</sub>		rouge/brun		RAL 3000 rouge feu
Oxygène	O <sub>2</sub>		bleu		RAL 9010 blanc pur
Protoxyde d'azote	N <sub>2</sub> O		vert/argent/vert		RAL 5010 bleu gentiane

<sup>1</sup> La norme **ne** prescrit **pas** la couleur du corps cylindrique des bouteilles; elle peut, dans une large mesure, être choisie librement.

<sup>2</sup> Marqué deux fois par la lettre majuscule «N» (diamétralement opposée) durant la période de transition.

## Couleurs de sécurité, signaux d'interdiction

## Couleurs de sécurité

Couleur	Signification	Couleur contrastante	Couleur des symboles	Exemple
rouge 	<b>Stop, interdiction</b>	blanc	noir	Signal de stop, arrêt d'urgence, signal d'interdiction, équipement de lutte contre l'incendie
jaune 	<b>Attention, danger possible</b>	noir	noir	Indications de danger (notamment incendie, explosion, radiations), Indications d'obstacles (notamment seuils, fosses)
vert 	<b>Absence de danger, premier secours</b>	blanc	blanc	Marquage des voies et issues de secours, postes de secours et de premiers soins
bleu 	<b>Signaux d'obligations, d'indications</b>	blanc	blanc	Obligation de porter un équipement de protection individuel, emplacement d'un téléphone

## Signaux d'interdiction

Symbole	Signification	Symbole	Signification	Symbole	Signification
	Interdiction générale		Ne pas toucher		Téléphones mobiles interdits
	Interdiction: Cigarette interdite		Interdiction de photographier		Interdiction de s'asseoir
	Interdiction: Interdiction de feu, flamme vive et cigarette		Interdiction de connexion		Entrée interdite aux porteurs d'implants métalliques
	Interdit aux piétons		Interdit aux porteurs de stimulateur cardiaque		Interdit aux chiens
	Interdiction d'extinction avec de l'eau		Dépose ou stockage interdits		Interdiction d'utiliser l'appareil représenté dans une baignoire, une douche ou un lavabo
	Eau non potable		Transport de personnes interdit		Interdiction d'introduire la main
	Charge lourde interdite		Interdiction de marcher sur la surface		Interdiction d'utiliser l'ascenseur en cas d'incendie
	Interdit aux chariots de manutention		Interdiction d'asperger avec de l'eau		Meulage avec appareil portable ou guidé à la main interdit