1 MATHÉMATIQUES Page 6

2 PHYSIQUE Page 28

3 GÉNIE DES MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE FABRICATION Page 51

4 TECHNIQUE DE DESSIN Page 88

5 ÉLECTROTECHNIQUE ET TECHNIQUES DE COMMANDE Page 93

6 TABLEAUX ET INDEX Page 118

# Sommaire


1 MATHÉMATIQUES ALGÈBRE - OPÉRATIONS DE BASE 6

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

2 PHYSIQUE 28

Embiellage, 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

3 GÉNIE DES MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE FABRICATION 53

Traction, compression, flexion, torsion, pression . . . 53
Cisaillement, flambage . . . 54
Cas de charge, essai de traction . . . 55
Eprouvettes 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

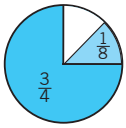
# Sommaire


4 TECHNIQUE DE DESSIN 88
Constructions géométriques de base . . . 88

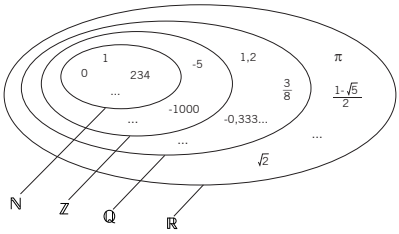
5 ÉLECTROTECHNIQUE ET TECHNIQUES DE COMMANDE 93
Principes de l'électrotechnique . . . 93
Résistances non-linéaires . . . 100
Optoélectronique . . . 102
Diodes . . . 103
Transistor bipolaire . . . 105
Effet magnétique du courant électrique . . . 106
FEM induite . . . 108
Régulateurs discontinus et numériques . . . 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

6 TABLEAUX ET INDEX 118
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
Eléments chimiques, métaux, alliages . . . 123
Conductivité thermique, caractéristiques de l'acier, tôle, dimensions de retrait . . . 126
Eléments 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

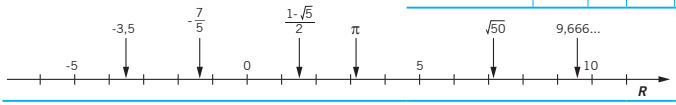
# Calculs de fractions, ensembles de nombres

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

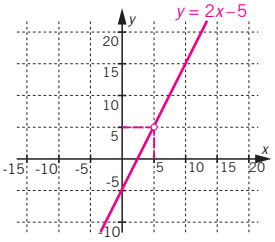
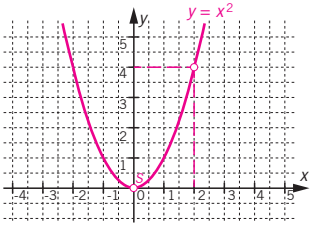
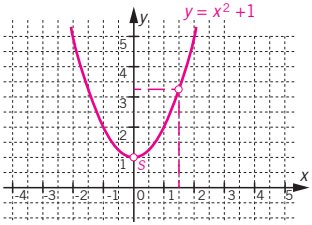
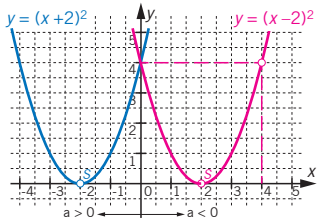
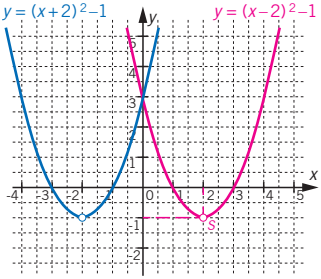
## Ensembles de nombres




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

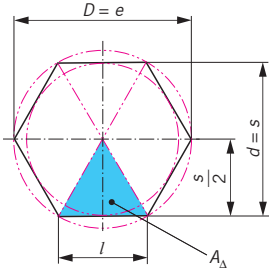


# Fonctions

| Objet | Formule | Symbole | Explication |
|---|---|---|---|
| **Représentation graphique des fonctions** | | | |
| **Fonction affine** | $y = mx + b$ | $m$ | Pente de la droite |
| | | $b$ | Ordonnée à l´origine |
|  | | | Chaque équation de la fonction de forme $y = mx + b$ représante une droite dans le système d'axes. |
| **Fonction quadratique** | | $S$ | Sommet/Creux |
|  | $y = x^2$ | | 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 $y = (x + a)^2 + b$.<br>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

## Polygone régulier




$A = A_\Delta \cdot n$

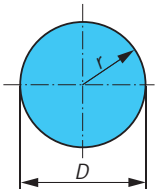
$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$

$l = D \cdot \sin\left(\frac{180°}{n}\right)$

| Nombre de côtés | A = | | | d = |
|---|---|---|---|---|
| 3 | $0{,}325 \cdot D^2$ | $1{,}299 \cdot d^2$ | $0{,}433 \cdot l^2$ | $0{,}500 \cdot e$ |
| 4 | $0{,}500 \cdot D^2$ | $1{,}000 \cdot d^2$ | $1{,}000 \cdot l^2$ | $0{,}707 \cdot e$ |
| 5 | $0{,}594 \cdot D^2$ | $0{,}908 \cdot d^2$ | $1{,}721 \cdot l^2$ | $0{,}809 \cdot e$ |
| 6 | $0{,}650 \cdot D^2$ | $0{,}866 \cdot d^2$ | $2{,}598 \cdot l^2$ | $0{,}866 \cdot e$ |
| 8 | $0{,}707 \cdot D^2$ | $0{,}828 \cdot d^2$ | $4{,}828 \cdot l^2$ | $0{,}924 \cdot e$ |
| 10 | $0{,}735 \cdot D^2$ | $0{,}812 \cdot d^2$ | $7{,}964 \cdot l^2$ | $0{,}951 \cdot e$ |
| 12 | $0{,}750 \cdot D^2$ | $0{,}804 \cdot d^2$ | $11{,}196 \cdot l^2$ | $0{,}966 \cdot e$ |

| Symbole | Explication |
|---|---|
| $A$ | Aire totale |
| $A_\Delta$ | Aire partielle |
| $n$ | Nombre de côtés |
| $l$ | Longueur des côtés |
| $d$, $s$ | Diamètre du cercle inscrit |
| $D$, $e$ | Diamètre du cercle extérieur |

## Disque



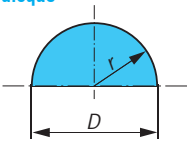

$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$

$A = \pi \cdot r^2$

$p = \pi \cdot D$

| Symbole | Explication | |
|---|---|---|
| $A$ | Aire | en $mm^2$ |
| $D$ | Diamètre | en mm |
| $r$ | Rayon $r = \frac{D}{2}$ | en mm |
| $p$ | Périmètre | en mm |

## Demi-disque

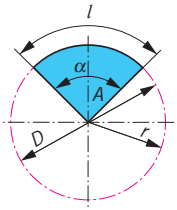



$A = \frac{\pi \cdot r^2}{2}$

$A = \frac{\pi \cdot D^2}{8}$

| Symbole | Explication | |
|---|---|---|
| $A$ | Aire | en $mm^2$ |
| $r$ | Rayon | en mm |
| $D$ | Diamètre | en mm |

## Longueur d'arc, secteur circulaire




$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360°}$

$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360°}$

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

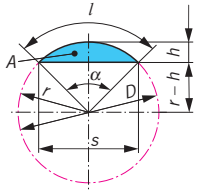
$\hat{l} = \frac{\pi \cdot \alpha}{180°}$

Radian:

$\alpha = \frac{r}{180°}\,(\text{rad})$

| Symbole | Explication | |
|---|---|---|
| $l$ | Longueur d'arc | en mm |
| $\alpha$ | Angle au centre | en ° |
| | 360° = 21 600' | |
| $A$ | Aire du secteur circulaire | en $mm^2$ |
| $D$ | Diamètre | en mm |
| $r$ | Rayon $r = \frac{D}{2}$ | en mm |
| $\hat{l}$ | Mesure d'arc = Longueur de l'arc de cercle de rayon r = 1 | en rad. |

## Longueur de la corde, hauteur d'arc, segment de disque




$s = D \cdot \sin\frac{\alpha}{2} = 2 \cdot r \cdot \sin\frac{\alpha}{2} = 2\sqrt{h\,(2r - h)}$

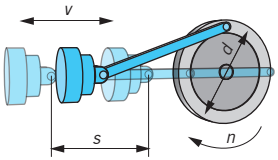
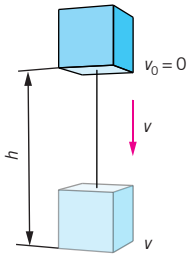
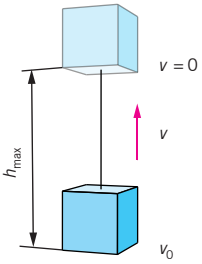
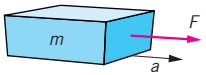
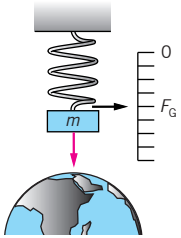
$h = \frac{D}{2} \cdot \left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) = r - \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}}$

$A = \frac{l \cdot r - s\,(r - h)}{2}$

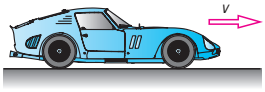
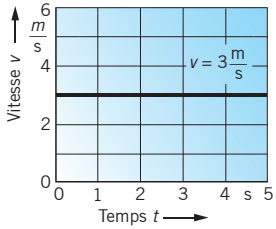
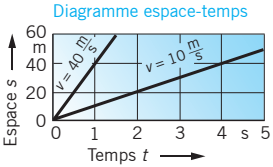
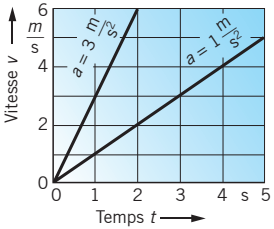
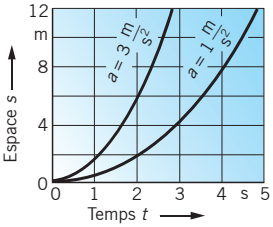
$A \approx \frac{2}{3} \cdot s \cdot h$ ; $l = \frac{\pi \cdot D \cdot \alpha}{360°}$

| Symbole | Explication | |
|---|---|---|
| $s$ | Longueur de la corde | en mm |
| $l$ | Longueur d'arc | en mm |
| $h$ | Hauteur d'arc | en mm |
| $\alpha$ | Angle d'arc | en ° |
| $r$ | Rayon | $r = \frac{D}{2}$ |
| $A$ | Aire du segment de disque | en mm |

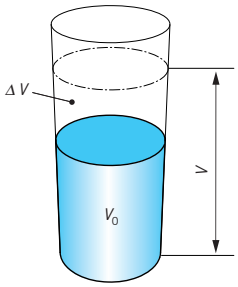
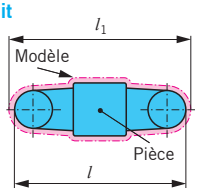
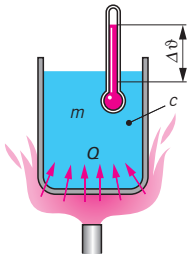
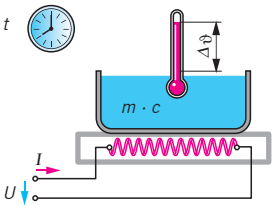
# Embiellage, chute libre, force et accélération

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

# Mouvement rectiligne uniforme, distance, temps, vitesse

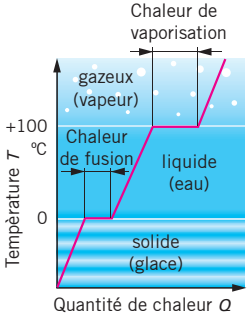
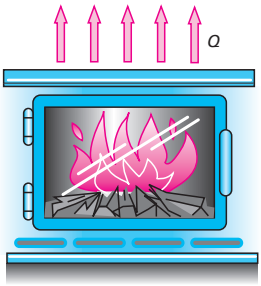
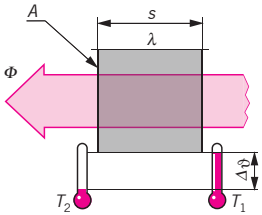
| Objet | Formule | Symbole | Explication |
|---|---|---|---|
| **Mouvement rectiligne uniforme (MRU)**   Diagramme vitesse-temps   Diagramme espace-temps   | $s = v \cdot t$<br>$v = \frac{s}{t}$<br>$t = \frac{s}{v}$ | $v$<br>$s$<br>$t$ | Vitesse en $\frac{m}{s}$<br>Distance parcourue (espace) en m<br>Temps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

# Thermodynamique

| Objet | Formule | Symbole | Explication |
|---|---|---|---|
| **Dilatation de corps liquides**   | **Augmentation de volume** $\Delta V = \alpha_V \cdot V_0 \cdot \Delta\vartheta$ **Volume global** $V = V_0 \cdot (1 + \alpha_V \cdot \Delta\vartheta)$ **Variation de $\varrho$** $\varrho = \frac{\varrho_0}{1 + \alpha_V \cdot \Delta\vartheta}$ | $\alpha_V$<br>$\Delta\vartheta$, $\Delta T$<br>$\Delta V$<br>$V_0$<br>$V$<br>$\varrho$<br>$\varrho_0$ | Coefficient de changement en $\frac{1}{K}$; $\frac{1}{°C}$<br>Variation de température en K, °C<br>Changement de volume en $m^3$<br>Volume initial en $m^3$<br>Volume global, après changement en $m^3$<br>Masse volumique, après changement en $\frac{kg}{m^3}$<br>Masse volumique initial en $\frac{kg}{m^3}$ |
| **Retrait**   | Longueur du modèle $l_1 = \frac{l \cdot 100\%}{100\% - S}$ $l = \frac{l_1 \cdot (100\% - S)}{100\%}$ | $S$<br>$l$<br>$l_1$ | Coefficient de retrait en %<br>Longueur de la pièce en mm<br>Longueur du modèle en mm |
| **Quantité de chaleur avec changement de température**   | Quantité de chaleur $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $\Delta\vartheta = \Delta T$ | $Q$<br>$m$<br>$c$<br>$\Delta\vartheta$, $\Delta T$ | Quantité de chaleur en kJ<br>Masse en kg<br>Chaleur massique en $\frac{kJ}{kg \cdot K}$<br>Variation de température en K, °C<br>1 kW · h = 3,6 MJ = 3 600kJ = 3 600 000 J<br>1 J = 1 W · s<br>1 MJ = $\frac{1}{3,6}$ kW · h |
| **Chaleur du travail électrique**   | $Q = W$ $m \cdot c \cdot \Delta\vartheta = P \cdot t \cdot \eta$ $P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\vartheta}{t \cdot \eta}$ 1 Wh = 3 600 Ws = 3 600 J 1 kWh = 3 600 000 J | $W$<br>$P$<br>$\eta$<br>$Q$<br>$\Delta\vartheta$, $\Delta T$<br>$t$<br>$m$<br>$c$ | Travail électrique en Wh<br>Puissance électrique en kW<br>Rendement $\eta < 1$ et/ou. $\eta < 100\%$ –<br>Quantité de chaleur (produite) en kJ<br>Différence de température en °C, K<br>Temps en s<br>Masse en kg<br>Chaleur massique en $\frac{kJ}{kg \cdot K}$ |

Notes

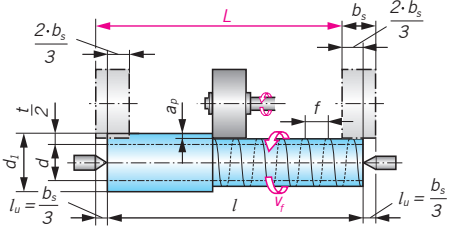
# Thermodynamique

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

# Meulage

## Rectification cylindrique longitudinale

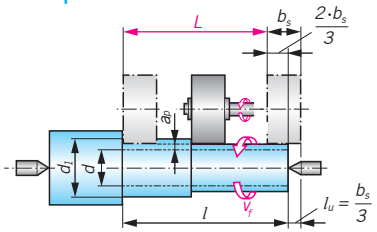
### Pièce sans épaulement




Course d'avance $L = l - \frac{1}{3} \cdot b_s$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $t_c$ | 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 |
| $v_f$ | Vitesse d'avance | $l_u$ | Dégagement |
| $a_p$ | Profondeur de coupe | | |

### Pièce avec épaulement




Course d'avance $L = l - \frac{2}{3} \cdot b_s$

Temps de coupe

$$t_c = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

Fréquence de rotation de la pièce

$$n = \frac{v_f}{\pi \cdot d_1}$$

Nombre de coupes pour rectification cylindrique extérieure

$$i = \frac{d_1 - d}{2 \cdot a_p} + 2\ ^{1}$$

Nombre de coupes pour rectification cylindrique intérieure

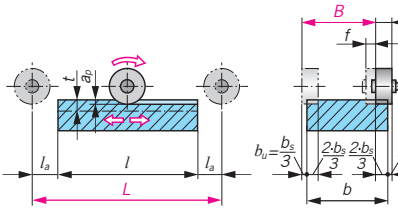
$$i = \frac{d - d_1}{2 \cdot a_p} + 2\ ^{1}$$

[1] 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

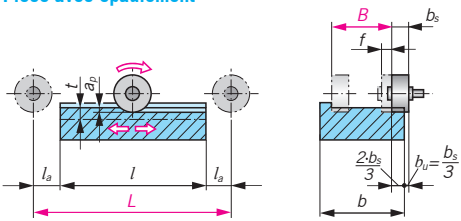



Course d'avance $L = l + 2 \cdot l_a$

$B = b - \frac{1}{3} \cdot b_s$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $t_c$ | 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 dégagemente |
| $v_f$ | Vitesse d'avance | $B$ | Largeur de meulage |
| $a_p$ | Profondeur de coupe | $l_u$ | Approche, dégagement |

### Pièce avec épaulement




Course d'avancet $L = l + 2 \cdot l_a$

$B = b - \frac{1}{3} \cdot b_s$

Temps de coupe

$$t_c = \frac{i}{n} \cdot \left(\frac{B}{f} + 1\right)$$

Fréquence de rotation de la pièce

$$n = \frac{v_f}{L}$$

Nombre de passes

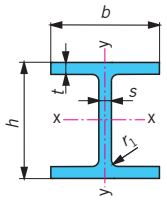
$$i = \frac{t}{a_p} + 2\ ^{1}$$

[1] 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



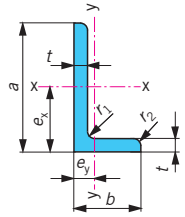

$r_1 \approx 2 \cdot s$

**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$^2$ |
| Moment d'inertie | $I_x$ = 43190 · 10$^4$ mm$^4$ |
| Module de résistance | $W_x$ = 2400 · 10$^3$ mm$^3$ |

| Symbole | Dimensions | | | | Surface de la section transversale | pour les axes de flexion | | | | Poids linéique |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | x – x | | y – y | | |
| IPB | $h$ | $b$ | $s$ | $t$ | $A$ | $I_x$ | $W_x$ | $I_y$ | $W_y$ | $m$ |
| | mm | mm | mm | mm | mm² | cm$^4$ | cm$^3$ | cm$^4$ | cm$^3$ | N/m |
| **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$^2$ |
| Moment d'inertie | $I_x$ = | 1,59 cm$^4$ |
| Module de résistance | $W_x$ = | 0,807 cm$^3$ |

| Symbole | Dimensions | | | | Section | Distances des axes | | pour les axes de flexion | | | | Masse linéique |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | x – x | | y – y | | |
| L | $a$ | $b$ | $t$ | $r_1$ | $A$ | $e_x$ | $e_y$ | $I_x$ | $W_x$ | $I_y$ | $W_y$ | $m$ |
| | mm | mm | mm | mm | cm² | cm | cm | cm$^4$ | cm$^3$ | cm$^4$ | cm$^3$ | kg/m |
| **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 |

# Profils de poutrelles en acier

## Barres étirées plates, rondes, carrées, hexagonales (charges)

| Largeur $b$ mm | Poids linéique $F'_G$ en N/m pour une épaisseur $h$ en mm | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| 5 | 1,16 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 6 | 1,38 | 1,84 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 8 | 1,84 | 2,46 | 3,08 | 3,70 | – | – | – | – | – | – |
| 10 | 2,32 | 3,08 | 3,88 | 4,62 | – | – | – | – | – | – |
| 12 | 2,78 | 3,70 | 4,62 | 5,54 | 7,40 | – | – | – | – | – |
| 14 | 3,24 | 4,32 | 5,40 | 6,46 | 8,62 | 10,8 | – | – | – | – |
| 16 | 3,70 | 4,92 | 6,16 | 7,40 | 9,81 | 12,4 | – | – | – | – |
| 18 | 4,16 | 5,54 | 6,94 | 8,32 | 11,1 | 13,8 | 16,7 | – | – | – |
| 20 | 4,62 | 6,16 | 7,70 | 9,42 | 12,4 | 15,4 | 18,4 | 24,6 | – | – |
| 22 | 5,08 | 6,78 | 8,48 | 10,2 | 13,5 | 17,0 | 20,3 | – | – | – |
| 25 | 5,78 | 7,70 | 9,62 | 11,6 | 15,4 | 19,2 | 23,2 | 30,8 | 38,6 | – |
| 28 | 6,46 | 8,62 | 10,8 | 12,9 | 17,3 | 21,6 | 25,9 | 234,5 | 43,2 | – |
| 32 | 7,40 | 9,81 | 12,4 | 14,8 | 19,7 | 24,6 | 29,5 | 239,4 | 49,2 | **61,6** |
| 36 | 8,32 | 11,10 | 13,8 | 16,7 | 22,2 | 27,8 | 33,3 | 44,3 | 55,4 | – |
| 40 | 9,24 | 12,40 | 15,4 | 18,4 | 24,6 | 30,8 | 37,0 | 49,2 | 61,6 | 77,0 |
| 45 | 10,4 | 13,80 | 17,4 | 20,8 | 27,8 | 34,6 | 41,6 | 55,4 | 69,4 | 86,6 |
| 50 | 11,6 | 15,40 | 19,2 | 23,2 | 30,8 | 38,6 | 46,2 | 61,6 | 77,0 | 96,2 |
| 56 | **12,9** | **17,30** | **21,6** | – | **34,5** | **43,2** | **51,8** | **69,0** | **86,2** | **107,8** |
| 63 | 14,5 | 19,40 | 24,2 | 29,1 | 38,8 | 48,6 | 58,2 | **77,6** | 97,0 | **121,6** |
| 70 | – | 21,60 | 27,0 | 32,4 | 43,2 | 54,0 | 64,6 | 86,2 | 107,9 | 134,4 |
| 80 | – | – | 30,8 | 37,0 | 49,2 | 61,6 | 74,0 | 98,1 | 123,6 | 154,0 |
| 90 | – | – | 34,6 | 41,6 | 55,4 | 69,4 | 83,2 | 110,9 | 138,3 | 173,6 |
| 100 | – | – | 38,6 | 46,2 | 61,6 | 77,0 | 92,4 | 123,8 | 154,0 | 192,3 |
| 125 | – | – | **48,2** | **57,8** | **77,0** | **96,2** | **115,8** | **154,0** | **192,2** | **240,3** |
| 140 | – | – | – | 64,6 | 86,2 | 107,9 | 129,5 | – | – | – |
| 160 | – | – | – | – | – | 123,6 | – | – | 246,2 | 308,0 |
| 180 | – | – | – | – | – | 138,3 | | | 277,6 | 346,3 |
| 200 | – | – | – | – | – | 154,0 | | | 308,0 | 385,5 |

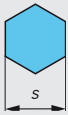
Les valeurs notées en gras ne sont pas indiquées dans les séries de chiffres normalisés R10, R20 selon DIN 323.

**Remarque :** Pour obtenir des poids linéiques pour d'autres matériaux à partir de profils ○, □, ⬭, ▯ il est possible de convertir les valeurs du tableau à l'aide de la formule générale:

$$F'_{Gx} = \frac{F'_G \cdot \varrho_x}{\varrho_{St}} \quad \text{en} \quad \frac{N}{m}$$

**Exemple:** Aluminium Fl 20 x 10; $\varrho_{Al} = 2{,}7$ kg / dm$^3$

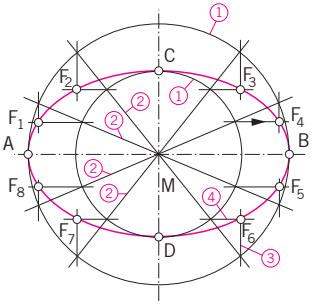
$$F'_{GAl} = \frac{15{,}4\ \text{N/m} \cdot 2{,}7}{7{,}85} = 5{,}3\ \text{N/m}$$

| Dimensions en mm $d = a = s$ | Pois linéique $F'_G$ en $\frac{N}{m}$ | | |
|---|---|---|---|
| |  d |  a |  s |
| **2** | 0,242 | 0,308 | 0,267 |
| **3** | 0,544 | 0,694 | 0,600 |
| **4** | 0,967 | 1,24 | 1,07 |
| **5** | 1,51 | 1,92 | 1,67 |
| **6** | 2,18 | 2,78 | 2,40 |
| **8** | 3,87 | 4,92 | 4,27 |
| **10** | 6,05 | 7,70 | 6,67 |
| **12** | 8,71 | 11,1 | 9,60 |
| **13** | 10,2 | 13,0 | 11,3 |
| **14** | 11,9 | 15,1 | 13,0 |
| **15** | 13,6 | 17,4 | 15,0 |
| **16** | 15,5 | 19,7 | 17,1 |
| **18** | 19,6 | 24,9 | – |
| **20** | 24,2 | 30,8 | – |
| **22** | 29,2 | 37,3 | 32,3 |
| **24** | 34,8 | 44,3 | 38,5 |
| **26** | 37,8 | – | – |
| **28** | 44,1 | 56,1 | – |
| **30** | 54,4 | 69,4 | 60,0 |
| **32** | 61,9 | 78,8 | 68,3 |
| **36** | 78,4 | 100,1 | 86,4 |
| **38** | 87,3 | – | 96,3 |
| **40** | 96,7 | 123,6 | – |
| **45** | 122,6 | 156,0 | – |
| **50** | 151,1 | 192,3 | 166,8 |
| **55** | 183,4 | 232,5 | 202,1 |
| **60** | 217,8 | 277,6 | 240,3 |
| **65** | 255,1 | 325,7 | 281,5 |
| **70** | 296,3 | 377,7 | 326,7 |
| **75** | 340,4 | 433,6 | 374,7 |
| **80** | 387,5 | 492,5 | 426,5 |
| **90** | 489,5 | – | 540,5 |
| **100** | 605,3 | 770,1 | 667,1 |

Notes

# Constructions géométriques de base

## Constructions d'ellipses



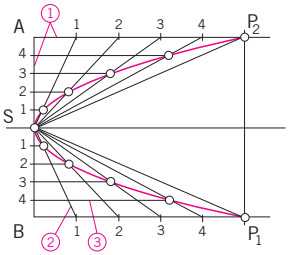

**A cercles concentriques**

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

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

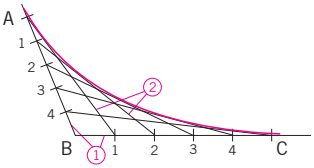
1. On dessine autour du point central M deux cercles concentriques de rayons $\frac{\overline{CM}}{2}$ et $\frac{\overline{AM}}{2}$.
2. On trace plusieurs diamètres du grand cercle sous n'importe quel angle.
3. A partir de leurs points d'intersection avec le petit cercle, on trace des droites horizontales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

## Parabole




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

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.

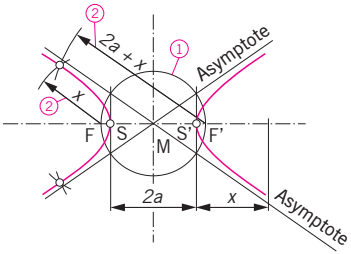



**Parabole lorsque les tangentes sont données (construction en enveloppe)**

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.

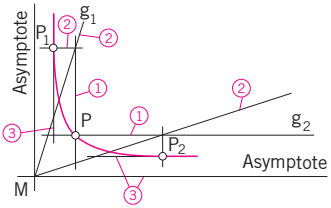
La parabole n'affecte pas les tangentes dans les points A et C.

## 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.

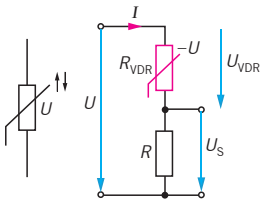



**Hyperbole équilatérale, lorsque le point de l'hyperbole P et les asymptotes sont donnés**

1. On trace par le point P une parallele $g_1$ 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

## Résistance VDR [1]




La résistance des VDR diminue lorsque la tension augmente.

$$I = k \cdot (U_{VDR})^{\alpha}$$

$$R_{VDR} = \frac{U_{VDR}}{I} = \frac{1}{k \cdot (U_{VDR})^{\alpha}}$$

$$P_{VDR} = U_{VDR} \cdot I = k \cdot (U_{VDR})^{\alpha+1}$$

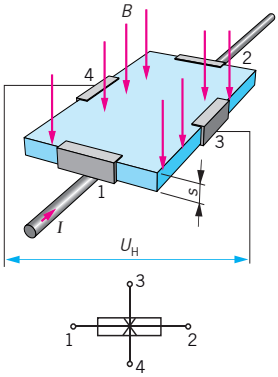
$$\alpha = \frac{log\, I_2 - log\, I_1}{log\, U_2 - log\, U_1}$$

$$U_S = U \cdot \frac{R}{R + R_{VDR}}$$

| Symbole | Explication | |
|---|---|---|
| $I$ | Courant dans la VDR | en A |
| $U_{VDR}$ | Tension sur la VDR | en V |
| $k$ | Constante de la VDR (dependant de la construction) | en $\frac{A}{V}$ |
| $\alpha$ | Coefficient de non-linéarité | |
| $U_1, U_1$ | 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 Ω |
| $R_{VDR}$ | Résistance de la VDR | en Ω |

[1] de Voltage Dependent Resistor (angl.) = Résistance dépendante de la tension

## Capteur à effet Hall




La tension de Hall $U_H$ fournie dépend du courant d'excitation et de l'induction magnétique (champ magnétique)

$$U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{s}$$

| Symbole | Explication | | |
|---|---|---|---|
| $U_H$ | 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**

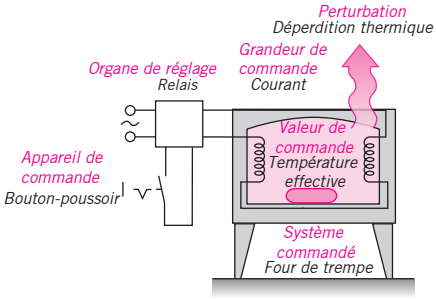
Pour la commande, la valeur de sortie, par exemple la température d'un four de trempe, dépend de la valeur d'entrée, par ex. de l'intensité dans la résistance de chauffe. La valeur de sortie ne réagit pas sur la valeur d'entrée. La commande présente un chemin d'action ouvert.

**Régulation**

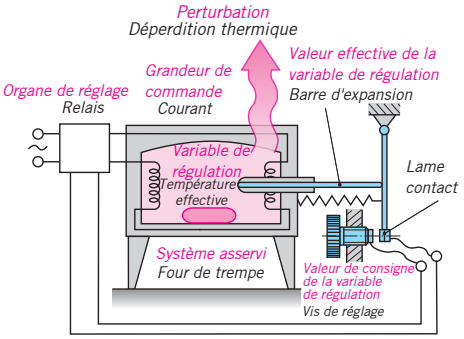
Pour la régulation, la valeur régulée, par exemple la température effective d'un four de trempe, est mesurée en permanence. La valeur régulée est comparée à la valeur nominale (grandeur pilote), et en cas d'écart, ramenée à la grandeur pilote. La régulation présente un circuit d'action fermé.

### Exemple: four de trempe

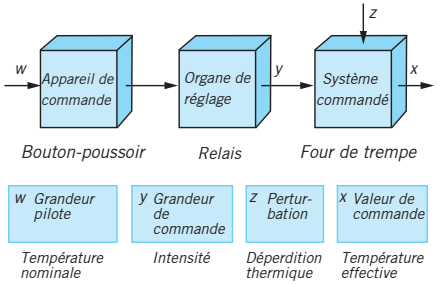
Représentation sous forme de schéma



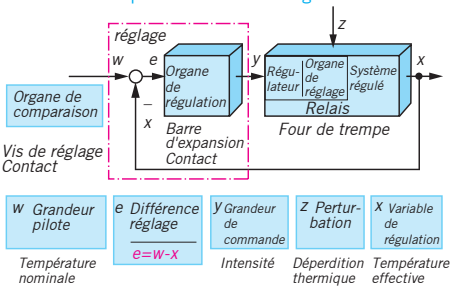

Représentation sous forme de schéma



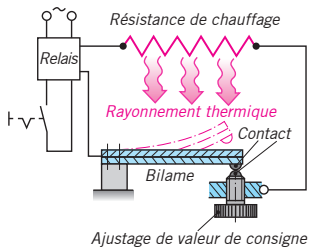
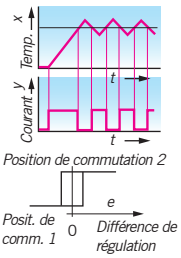
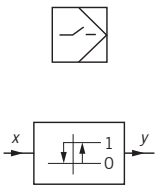

Plan d'action de la chaine de commande




Plan d'action simplifié du circuit de régulation

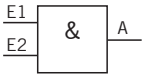
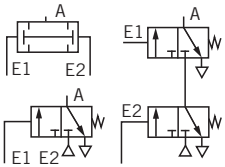
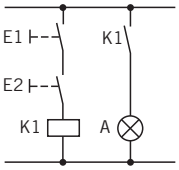
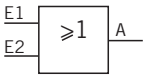
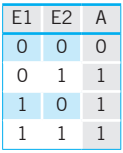
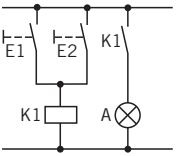
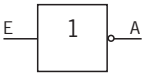
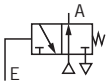
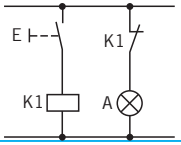
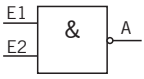
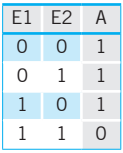
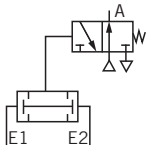
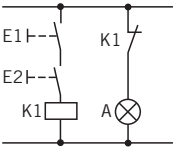
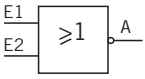
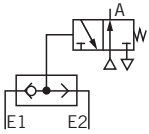
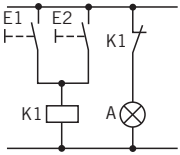
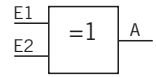
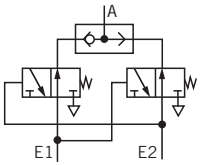
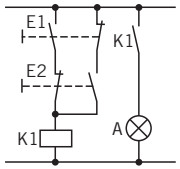
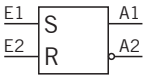
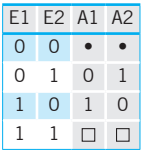
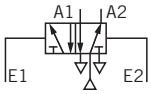
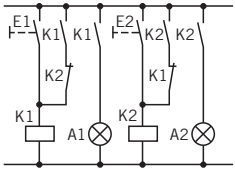



**Les régulateurs à commutation agissent sur la grandeur de commande y de manière discontinue en commutant à plusieurs niveaux.**

| 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<br>Equation logique | Table de vérité | Réalisation technique<br>pneumatique | <br>électrique |
|---|---|---|---|---|
| **ET**<br>(AND) | <br>A = E1 ∧ E2<br>ou: A = E1 · E2 |  |  |  |
| **OU**<br>(OR) | <br>A = E1 ∨ E2<br>ou: A = E1 + E2 |  |  |  |
| **NON**<br>(NOT) | <br>A = Ē |  |  |  |
| **NON-ET**<br>(NAND) | <br>A = $\overline{E1 \wedge E2}$<br>ou: A = $\overline{E1 \cdot E2}$ |  |  |  |
| **NON-OU**<br>(NOR) | <br>A = $\overline{E1 \vee E2}$<br>ou: A = $\overline{E1 + E2}$ |  |  |  |
| **OU** exclusive<br>(XOR) | <br>A = (E1 ∧ $\overline{E2}$) ∨ ($\overline{E1}$ ∧ E2)<br>ou: A = (E1 · $\overline{E2}$) + ($\overline{E1}$ · E2) |  |  |  |
| Mémoire<br>(RS Flip-Flop) | <br>S SET<br>R RESET | <br>• Etat inchangé<br>□ Etat indéterminé |  |  |

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. $S_1$ (bouton), V (vanne), plutôt que E (entrée) et A (sortie).

# Éléments chimiques, métaux, alliages

## Valeur matérielle

| Solides | Masse volumique $\varrho$ kg/dm³ | Point de fusion $\vartheta$ °C | Point d'ébullition $\vartheta$ °C | Conductibilité thermique $\lambda$ W/(m · K) | Chaleur massique $c$ kJ/(kg · K) (0 ... 100 °C) | Resistivité à 20 °C $\varrho$ Ω · mm² / m | Coefficient de dilatation linéaire $\alpha$ K⁻¹ (0 ... 100 °C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acier, allié | 7,9 | ≈ 1500 | – | 14 | 0,51 | 0,7 | $1{,}61 \cdot 10^{-5}$ |
| Acier, non allié | 7,85 | ≈ 1500 | 2500 | 48 ... 58 | 0,49 | 0,14 ... 0,18 | $1{,}19 \cdot 10^{-5}$ |
| Aluminium (Al) | 2,7 | 659 | 2467 | 204 | 0,94 | 0,028 | $2{,}38 \cdot 10^{-5}$ |
| Amiante | 2,1 ... 2,8 | ≈ 1300 | – | – | 0,81 | – | – |
| Antimoine (Sb) | 6,69 | 630,5 | 1637 | 22 | 0,21 | 0,39 | $1{,}08 \cdot 10^{-5}$ |
| Argent (Ag) | 10,5 | 961,5 | 2180 | 407 | 0,23 | 0,015 | $1{,}93 \cdot 10^{-5}$ |
| Beryllium (Be) | 1,85 | 1280 | ≈ 3000 | 165 | 1,02 | 0,04 | $1{,}23 \cdot 10^{-5}$ |
| Béton | 1,8 ... 2,2 | – | – | ≈ 1 | 0,88 | – | $1^{-5}$ |
| Bismuth (Bi) | 9,8 | 271 | 1560 | 8,1 | 0,12 | 1,25 | $1{,}25 \cdot 10^{-5}$ |
| Bois (séché à l'air) | 0,20 ... 0,72 | – | – | 0,06 ... 0,17 | 2,1 ... 2,9 | – | $\approx 4 \cdot 10^{-5}$ [2] |
| Bronze (alliage CuSn) | 7,4 ... 8,9 | 900 | 2300 | 46 | 0,38 | 0,02 ... 0,03 | $1{,}75 \cdot 10^{-5}$ |
| Cadmium (Cd) | 8,64 | 321 | 765 | 91 | 0,23 | 0,077 | $3 \cdot 10^{-5}$ |
| Caoutchouc mousse | 0,06 ... 0,25 | – | – | 0,04 ... 0,06 | – | – | – |
| Carbone (diamant) | 3,51 | ≈ 3550 | – | – | 0,52 | – | $0{,}118 \cdot 10^{-5}$ |
| Carbure de Silicium (SiC) | 2,4 | se décompose au-dessus de 3000 °C en C et Si | | 9 [1] | 1,05 [1] | – | – |
| Chrome (Cr) | 7,2 | 1903 | 2642 | 69 | 0,46 | 0,13 | $8{,}4 \cdot 10^{-5}$ |
| Cobalt (Co) | 8,9 | 1493 | 2880 | 69,1 | 0,43 | 0,062 | $1{,}27 \cdot 10^{-5}$ |
| Coke | 1,6 ... 1,9 | – | – | 0,18 | 0,83 | – | – |
| Constantan | 8,89 | 1260 | ≈ 2400 | 23 | 0,41 | 0,49 | $1{,}52 \cdot 10^{-5}$ |
| Corindon ($Al_2O_3$) | 3,9 ... 4,0 | 2050 | 2700 | 12 ... 23 | 0,96 | – | $0{,}65 \cdot 10^{-5}$ |
| Cuivre (Cu) | 8,96 | 1083 | ≈ 2595 | 384 | 0,39 | 0,0179 | $1{,}68 \cdot 10^{-5}$ |
| Cuproaluminium (alliage CuAl) | 7,4 ... 7,7 | 1040 | 2300 | 61 | 0,44 | – | $1{,}95 \cdot 10^{-5}$ |
| Etain (Sn) | 7,29 | 231,9 | 2687 | 65,7 | 0,24 | 0,114 | $2{,}3 \cdot 10^{-5}$ |
| Fer (Fe) | 7,87 | 1536 | 3070 | 81 | 0,47 | 0,13 | $1{,}2 \cdot 10^{-5}$ |
| Fonte | 7,25 | 1150 ... 1200 | 2500 | 58 | 0,50 | 0,6 ... 1,6 | $1{,}05 \cdot 10^{-5}$ |
| Glace | 0,92 | 0 | 100 | 2,3 | 2,09 | – | $5{,}1 \cdot 10^{-5}$ |
| Graisse | 0,92 ... 0,94 | 30 ... 175 | ≈ 300 | 0,21 | – | – | – |
| Graphite (C) | 2,26 | ≈ 3550 | ≈ 4800 | 168 | 0,71 | – | $0{,}78 \cdot 10^{-5}$ |
| Iode (I) | 5,0 | 113,6 | 183 | 0,44 | 0,23 | – | – |
| Iridium (Ir) | 22,4 | 2443 | > 4350 | 59 | 0,13 | 0,053 | $0{,}65 \cdot 10^{-5}$ |
| Laiton (alliage CuZn) | 8,4 ... 8,7 | 900 ... 1000 | 2300 | 105 | 0,39 | 0,05 ... 0,07 | $1{,}85 \cdot 10^{-5}$ |
| Liège | 0,1 ... 0,3 | – | – | 0,04 ... 0,06 | 1,7 ... 2,1 | – | – |
| Magnésium (Mg) | 1,74 | 650 | 1120 | 172 | 1,04 | 0,044 | $2{,}6 \cdot 10^{-5}$ |
| Magnésium alliage | ≈ 1,8 | ≈ 630 | 1500 | 46 ... 139 | – | – | $2{,}45 \cdot 10^{-5}$ |
| Manganèse (Mn) | 7,43 | 1244 | 2095 | 21 | 0,48 | 0,39 | $2{,}3 \cdot 10^{-5}$ |
| Métal dur (K 20) | 14,8 | > 2000 | ≈ 4000 | 81,4 | 0,80 | – | $0{,}5 \cdot 10^{-5}$ |
| Molybdène (Mo) | 10,22 | 2620 | 4800 | 145 | 0,26 | 0,054 | $0{,}52 \cdot 10^{-5}$ |
| Nickel (Ni) | 8,91 | 1455 | 2730 | 59 | 0,45 | 0,095 | $1{,}3 \cdot 10^{-5}$ |
| Niobium (Nb) | 8,55 | 2468 | ≈ 4800 | 53 | 0,273 | 0,217 | $0{,}71 \cdot 10^{-5}$ |
| Or (Au) | 19,3 | 1064 | 2707 | 310 | 0,13 | 0,022 | $1{,}42 \cdot 10^{-5}$ |
| 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 | $0{,}9 \cdot 10^{-5}$ |
| Plâtre | 2,3 | 1200 | – | 0,45 | 1,09 | – | – |
| Plomb (Pb) | 11,3 | 327,4 | 1751 | 34,7 | 0,13 | 0,208 | $2{,}9 \cdot 10^{-5}$ |
| Polystyrène | 1,05 | – | – | 0,17 | 1,3 | $10^{10}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ |
| Porcelaine | 2,3 ... 2,5 | ≈ 1600 | – | 1,6 [3] | 1,2 [3] | $10^{12}$ | $0{,}4 \cdot 10^{-5}$ |

[1] Température de transformation [2] transversal à la fibre [3] à 800 °C

# Le nouveau système des couleurs distinctives des bouteilles de gaz

## Gaz industriels

| Type de gaz | | Couleurs [1] Ancien | Nouveau [2] |
|---|---|---|---|
| **Acéthylène** | $C_2H_2$ |  orange |  RAL 3009 rouge oxyde |
| **Air** | |  brun |  RAL 6018 vert jaune |
| **Air synthétique** | |  gris |  RAL 6018 vert jaune |
| **Ammoniac** | $NH_3$ |  violet |  RAL 1018 jaune zinc |
| **Argon** | Ar |  brun/vert |  RAL 6001 vert émeraude |
| **Azote** | $N_2$ |  vert |  RAL 9005 noir foncé |
| **Chlore** | $Cl_2$ |  jaune |  RAL 1018 jaune zinc |
| **Chlorure d'hydrogène** | HCl |  jaune/rouge |  RAL 1018 jaune zinc |
| **Dioxyde de carbone** | $CO_2$ |  noir |  RAL 7037 gris poussière |
| **Hélium** | He |  jaune/vert |  RAL 8008 brun olive |
| **Hydrogène** | $H_2$ |  rouge |  RAL 3000 rouge feu |
| **Krypton, Néon, Xénon** | Kr/Ne/Xe |   noir gris |  RAL 6018 vert jaune |
| **Méthane** | $CH_4$ |  rouge/brun |  RAL 3000 rouge feu |
| **Oxygène** | $O_2$ |  bleu |  RAL 9010 blanc pur |
| **Protoxyde d'azote** | $N_2O$ |  vert/argent/vert |  RAL 5010 bleu gentiane |

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

[2] Marqué deux fois par la lettre majuscule «N» (diamètralement opposée) durant la période de transition.

# Couleurs de sécurité, signaux d'interdiction

## Couleurs de sécurité

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