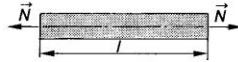


14.4 Résistance des matériaux

14.4.1 Traction



■ Condition de résistance $\sigma \leq R_p$ (1)

$\sigma = \frac{N}{S}$ N : effort normal N
 S : section de la poutre mm²
 σ : contrainte normale N/mm²
 $R_p = \frac{R_e}{s}$ R_e : limite élastique N/mm²
 R_p : résistance pratique N/mm²
 s : coefficient de sécurité —

Valeurs de s :

Plancher d'usine	1,5 à 2
Charpente métallique avec vent ou neige	2 à 3
Machines outils, réservoirs sous pression	3 à 4
Camions, autos, engins de manutention	5
Concasseurs, laminoirs, presses	6 à 7
Ascenseurs, transports de personnes, câbles	12

■ Loi de déformation $\sigma = E \cdot e$

$e = \frac{\Delta l}{l}$ Δl : allongement mm
 l : longueur initiale mm
 e : allongement unitaire —

E : module d'élasticité longitudinal N/mm²
 Valeurs de E en N/mm²

Acier	200000	Fonte	60000
Cuivre	125000	Magnésium	45000
Zinc	80000	Etain	40000
Aluminium	70000	Nickel	22000

■ Concentration de contrainte $\sigma_{\max} = k \sigma$

σ : Contrainte moyenne dans la section affaiblie calculée par la relation (1) N/mm²
 k : coefficient de concentration de contrainte.

Plaques et cylindres tendus

①

②

③

Valeurs de k :

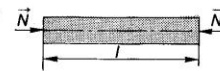
r/d	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	2,55	2,35	2,05	1,8	1,61	1,5	1,4	1,34	1,3	1,26	1,22
2	2,65	2,5	2,3	2,22	2,2	2,12	2,1	2,08	2,06	2,04	2,02
3	1,92	1,8	1,66	1,57	1,5	1,4	1,38	1,32	1,28	1,25	1,22

Filetage 2,5

■ Condition de résistance dans le cas de concentration de contrainte

$$\sigma \leq R_p \quad \sigma_{\max} \leq R_e$$

14.4.2 Compression



■ Condition dimensionnelle à respecter

$$l \leq 8d \quad d : \text{diamètre du cercle inscrit dans la section.}$$

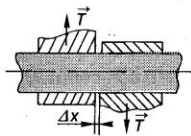
■ Condition de résistance, loi de déformation
 Les relations sont identiques à celles de la traction à condition de remplacer allongement par raccourcissement.

Remarque : Pour tous les matériaux homogènes et isotropes : $R_e \text{ compression} = R_e \text{ traction}$

Pour la fonte : $R_e \text{ compression} \approx 7 R_e \text{ traction}$

14.4.3 Cisaillement

Condition : $\Delta x \approx 0$.



■ Condition de résistance $\tau \leq R_{pg}$

$\tau_{\text{moy}} = \frac{T}{S}$ T : effort tranchant N
 S : section cisailée mm²
 τ_{moy} : contrainte de glis. N/mm²

$R_{pg} = \frac{R_{eg}}{s}$ R_{pg} : résistance pratique au glissement N/mm²
 R_{eg} : limite élastique au glissement N/mm²
 s : coefficient de sécurité —

Acier doux	$R_{eg} = 0,5 R_e$
Acier mi-dur	$R_{eg} = 0,7 R_e$
Acier dur	$R_{eg} = 0,8 R_e$

■ Loi de déformation $\tau_{\text{moy}} = G \cdot \gamma$

G : Module d'élasticité transversale = $0,4E$ N/mm²
 γ : angle de glissement rad

■ Moments quadratiques I mm⁴

	$I_G = \frac{bh^3}{12}$	$I_G = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$
	$I_{G_z} = \frac{bh^3}{12}$	$I_{G_z} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$
Rectangle		Couronne
	$I_G = \frac{\pi D^4}{32}$	$I_G =$
	$I_{G_z} = \frac{\pi D^4}{64}$	$I_{G_z} = \frac{\pi D^4}{64}$
Cercle		Triangle
	$I_G =$	$I_{G_z} = \frac{bh^3}{36}$

14.4.4 Torsion



■ Condition de résistance $\tau_M \leq R_{pg}$

$\tau = \frac{M_t}{I_G \cdot v}$ τ_M : Contrainte maximum N/mm²
 M_t : moment de torsion mm.N
 I_G : moment quadr. polaire mm⁴
 v : rayon de la poutre mm
 R_{pg} : résistance pratique au glissement N/mm²

■ Loi de déformation $M_t = G \cdot \theta \cdot I_G$

M_t : moment de torsion mm.N
 G : module d'élas. trans. N/mm²
 θ : angle unit. de torsion rad/mm
 I_G : moment quadr. polaire mm⁴

■ Relation contrainte-déformation $\tau_M = G \cdot r \cdot \theta$

■ Limite de déformation $\theta_{\max} \leq 1/4 \text{ d}^\circ/\text{m}$

■ Concentration de contrainte $\tau_{\max} = k \tau_M$

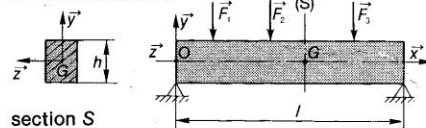
τ_{\max} : contrainte maxi due à l'affaiblissement de la section N/mm²
 τ_M : contrainte maxi calculée pour l'arbre de rayon r N/mm²
 k : coefficient de concentration de contrainte

	Valeurs de r'			
	0,1 s	0,2 s	0,3 s	0,5 s
	5,4	3,4	2,7	2,1
	Valeurs de k			

Vérifier que : $\tau_M \leq R_{pg}$ et $\tau_{\max} \leq R_{eg}$

14.4.5 Flexion simple

■ Choix des axes



Les efforts \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 sont parallèles à Oy' .

■ Définitions

T : effort tranchant dans une section (S).
 C'est la somme algébrique des efforts parallèles à yy' situés à gauche de (S).

M_t : moment fléchissant dans une section (S).
 C'est la somme algébrique des moments des forces situées à gauche de (S) par rapport à Gz' .

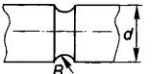
■ Condition de résistance $\sigma_M \leq R_p$

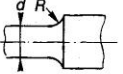
$\sigma_M = \frac{M_t}{I_{Gz}}$ M_t : moment fléchissant mm.N
 I_{Gz} : moment quadr. axial mm⁴
 v : valeur de y_{\max} N/mm²

R_p : résistance pratique N/mm²
 σ_M : contrainte maxi N/mm²

■ Concentration de contrainte $\sigma'_{\max} = k \sigma_M$

σ'_{\max} : contrainte maximum due à un affaiblissement de la section N/mm²
 σ_{\max} : contrainte maxi calculée N/mm²
 k : coef. de concentration de contrainte —

Pièces cylindriques avec rainure							
	<i>r/d</i>	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
	<i>k</i>	2,9	2,2	1,7	1,48	1,48	1,3

Pièces cylindriques avec congés					
	<i>r/d</i>	0,1	0,2	0,3	0,5
	<i>k</i>	1,8	1,5	1,35	1,2

■ Déformations

$$y'' = -\frac{M_t}{EI_{Gz}}$$

La poutre chargée se déforme, la courbe de déformation du type $y = f(x)$ est donnée par l'équation différentielle ci-dessus.

Charge concentrée	Charge répartie
$f = -\frac{F l^3}{48 EI_{Gz}}$	$f = -\frac{5 p l^4}{384 EI_{Gz}}$
$f = -\frac{F l^3}{3 EI_{Gz}}$	$f = -\frac{p l^4}{8 EI_{Gz}}$
f : flèche mm F : charge concentrée N l : longueur de la poutre mm p : charge uniformément répartie N/mm E : module d'élasticité longitudinal N/mm ² I_{Gz} : moment quadratique axial mm ⁴	
Nota : la flèche est donnée en mesure algébrique.	