

ANNEXE 1. RÉCAPITULATIF DES TABLEAUX DE DONNÉES.....	- An1.1 -
GÉNÉRALITÉS.....	- An1.1 -
CHAPITRE 1. INTRODUCTION & VECTEURS.....	- An1.2 -
Tableau 1.1. - Alphabet grec.....	- An1.2 -
Tableau 1.2. - Symboles des multiples et sous-multiples.....	- An1.2 -
CHAPITRE 2. INTRODUCTION A LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.....	- An1.3 -
Tableau 2.1. - Relation entre la limite élastique en compression R_{eC} et la limite élastique en traction R_e	- An1.3 -
Tableau 2.2. - Module d'élasticité E et coefficient de Poisson ν de divers matériaux.....	- An1.3 -
Tableau 2.3. - Module d'élasticité E en GPa en fonction de la température.....	- An1.4 -
Tableau 2.4. - Coefficients de sécurité en usage en construction mécanique.....	- An1.5 -
Tableau 2.5. - Coefficient de choc k_c	- An1.5 -
CHAPITRE 3. TRACTION - COMPRESSION.....	- An1.6 -
Tableau 3.1. - Coefficients de dilatation linéaire.....	- An1.6 -
Tableau 3.2. - Classe de qualité des vis - boulons.....	- An1.6 -
Tableau 3.3. - Caractéristiques géométriques des vis.....	- An1.6 -
Tableau 3.4. - Contraintes dynamiques admissibles pour une contrainte statique moyenne $\sigma_m = 0.7 R_e$	- An1.7 -
Tableau 3.5. - Pression admissible de matage.....	- An1.7 -
Tableau 3.6. - Coefficient de dilatation linéaire α (en $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) en fonction de la température.....	- An1.8 -
Tableau 3.7. - CODAP : Contraintes admissibles et coefficients de soudure.....	- An1.9 -
CHAPITRE 5. CISAILLEMENT (technologique).....	- An1.10 -
Tableau 5.1. - Dimensions des clavettes normalisées.....	- An1.10 -
Tableau 5.2. - Pression admissible de matage pour un clavetage longitudinal libre.....	- An1.10 -
Tableau 5.3. - Ordre de grandeur des contraintes admissibles de cisaillement pour un rivet.....	- An1.11 -
Tableau 5.4. - Contrainte admissible dans les colles Loctite.....	- An1.11 -
Tableau 5.5. - Contrainte admissible dans les soudures suivant l'ancienne norme NBN.....	- An1.11 -
Tableau 5.6. - Valeurs des coefficients β_w et γ_{Mw}	- An1.12 -
CHAPITRE 6. TORSION.....	- An1.13 -
Tableau 6.2. - Comparaison résistance / poids de différentes sections.....	- An1.13 -
Tableau 6.3. - Gain de poids pour une même contrainte $k_{g\tau}$ ou une même déformation $k_{g\theta}$ (arbre creux par rapport à l'arbre plein).....	- An1.13 -
CHAPITRE 7. FLEXION.....	- An1.14 -
Tableau 7.1. - Coefficient de forme - cisaillement.....	- An1.14 -
Tableau 7.2. - Valeurs limites recommandées pour les flèches verticales.....	- An1.14 -
Tableau 7.3. - Caractéristiques mécaniques générales de différents bois.....	- An1.15 -
Tableau 7.4. - Dimensions standardisées des pièces de bois.....	- An1.15 -
Tableau 7.5. - Surcharges surfaciques des planchers (en l'absence de normes).....	- An1.16 -
Tableau 7.6. - Dimensions normalisées d'un engrenage profil métrique ISO.....	- An1.16 -
Tableau 7.7. - Valeurs normalisées des modules des engrenages.....	- An1.17 -
CHAPITRE 8. NOTION DE STABILITÉ : FLAMBEMENT.....	- An1.18 -
Tableau 8.1. - Coefficient de réduction.....	- An1.18 -
Tableau 8.2. - Elancement limite d'Euler.....	- An1.18 -
Tableau 8.3. - Coefficients d'amplification des moments r et flèche correspondante maximale.....	- An1.20 -
CHAPITRE 10. COMPLÉMENTS DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.....	- An1.21 -
Tableau 10.2. - Pression admissible de Hertz.....	- An1.21 -

Cet *Annexe 1* réunit toutes les informations concernant les différentes valeurs, coefficients, caractéristiques des matériaux dont on aurait besoin lors des calculs de RM.

Les différents coefficients inhérents aux formules sont, quant à eux, directement associés aux différentes formules dans le texte.

ANNEXE 1. RÉCAPITULATIF DES TABLEAUX DE DONNÉES

GÉNÉRALITÉS

A revoir

<i>Résumé (Contraintes - allongements)</i>					
	Traction	Torsion	Flexion	Cisaillement	Cisail. Technolo.
Contraintes	$\sigma_{tr} = \frac{N}{A}$	$\tau_{to} = \frac{M_t}{I_0/r}$ ou $\frac{M_t}{W_t}$	$\sigma_{fl} = \frac{M_f}{I/v}$ ou $\frac{M_f}{W_{fl}}$	$\tau_{cis\ max} = k_\tau \frac{T}{A_{cis}}$	$\tau_{cis\ tech} = \frac{T}{A_{cis}}$
Contraintes admissible pour matériaux :					
Fragiles	$\sigma_{tr} \leq \frac{R_m}{S}$	$\tau_{to} \leq \frac{R_m}{S}$		$\tau_{cis\ max} \leq \frac{R_m}{S}$	$\tau_{cis\ tech} \leq \frac{R_m}{S}$
Ductiles	$\sigma_{tr} \leq \frac{R_e}{S}$	$\tau_{to} \leq 0.58 \frac{R_e}{S}$	$\sigma_{fl} \leq \frac{R_e}{S}$	$\tau_{cis\ max} \leq 0.58 \frac{R_e}{S}$	$\tau_{cis\ max} \leq 0.58 \frac{R_e}{S}$
Allongement (Déformations)	$\Delta l = \frac{N l}{E A}$	$\varphi = \frac{M_t l}{G I_0}$	$f = \frac{1}{C} \frac{M_f l^2}{E I}$		
	$\varepsilon = \frac{N}{E A}$	$\theta = \frac{M_t}{G I_0}$	$\frac{1}{\rho} = \frac{M_f}{E I}$		
Loi de Hooke	$\sigma = \varepsilon E$	$\tau = \gamma G$	$\sigma = \varepsilon E$	$\tau = \gamma G$	
Contraintes - Allongements dus à la température :					
Contrainte	$\sigma_{t^\circ} = -\alpha \Delta T E$				
Allongement	$\Delta l_{t^\circ} = \alpha l \Delta T$				

Tableau récapitulatif : contraintes - déformations

CHAPITRE 1. INTRODUCTION & VECTEURS

<i>Alphabet grec</i>			
<i>Lettres romaines</i>	<i>Lettres grecques</i>		
	Majuscules	Minuscules	Appellation
<i>a</i>	A	α	alpha
<i>b</i>	B	β	bêta
<i>g</i>	Γ	γ	gamma
<i>d</i>	Δ	δ	delta
<i>e</i>	E	ε	epsilon
<i>z</i>	Z	ζ	dzêta
<i>ê</i>	H	η	êta
<i>th</i>	Θ	θ	thêta
<i>i</i>	I	ι	iota
<i>k, c</i>	K	κ	kappa
<i>l</i>	Λ	λ	lambda
<i>m</i>	M	μ	mu
<i>n</i>	N	ν	nu
<i>x</i>	Ξ	ξ	ksi
<i>o</i>	O	ο	omicron
<i>p</i>	Π	π	pi
<i>r</i>	P	ρ	rhô
<i>s</i>	Σ	σ	sigma
<i>t</i>	T	τ	tau
<i>u, y</i>	Υ	υ	upsilon
<i>ph, f</i>	Φ	φ ou φ	phi
<i>ch</i>	X	χ	khi
<i>s</i>	Ψ	ψ	psi
<i>o</i>	Ω	ω	oméga

Tableau 1.1. - Alphabet grec.

<i>Symboles des multiples et des sous-multiples</i>		
<i>Giga</i>	<i>G</i>	10^9
<i>Méga</i>	<i>M</i>	10^6
<i>kilo</i>	<i>k</i>	10^3
<i>hecto</i>	<i>h</i>	10^2
<i>déca</i>	<i>da</i>	10^1
<i>déci</i>	<i>d</i>	10^{-1}
<i>centi</i>	<i>c</i>	10^{-2}
<i>milli</i>	<i>m</i>	10^{-3}
<i>micro</i>	<i>μ</i>	10^{-6}
<i>nano</i>	<i>n</i>	10^{-9}
<i>pico</i>	<i>p</i>	10^{-12}

Tableau 1.2. - Symboles des multiples et sous-multiples.

CHAPITRE 2. INTRODUCTION A LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

<i>Relations R_{eC} et R_e</i>	<i>Matériaux</i>
$R_{eC} \approx 3 R_e$	fontes, matières plastiques thermodurcissables (telles que Epoxy)
$R_{eC} \approx 1.25 R_e$	bronzes
$R_{eC} \approx R_e$	aciers, aluminium et ses alliages, cuivres, laiton laminés, plomb, zinc, polymères (thermo-plastiques)

Tableau 2.1. - Relation entre la limite élastique en compression R_{eC} et la limite élastique en traction R_e

<i>Module d'élasticité E et coefficient de Poisson ν de divers matériaux</i>		
<i>Matériaux</i>	<i>E (GPa)</i>	<i>ν</i>
<i>Fer</i>	200	0.24
<i>Aciers</i>	210	0.30
<i>Acier 45SCD6</i>	220	0.285
<i>Aciers Inox 18-10</i>	203	0.29
<i>Fonte grise</i>	90	0.25
<i>Fonte GS</i>	140	0.275
<i>Titane</i>	105.5	0.32
<i>Alliage de titane TA6V</i>	105	0.34
<i>Aluminium + alliages</i>	70	0.33
<i>Alliages AU4G (2017A)</i>	75	0.33
<i>Alliages AU2GN (2618A)</i>	75	0.34
<i>Zircal AZ8GU</i>	72	0.34
<i>Cuivre et alliages</i>	100	0.33
<i>Laiton</i>	92	0.33
<i>Bronze ordinaire</i>	106	0.31
<i>Bronze au béryllium</i>	130	0.34
<i>Béryllium</i>	300	0.05
<i>Magnésium</i>	46	0.34
<i>Zinc</i>	130	0.21
<i>Nickel</i>	205	0.31
<i>Nickel - Cuivre</i>		0.32
<i>Nickel - Chrome - fer</i>		0.29
<i>Nickel - fer - Chrome</i>		0.34
<i>Plexiglas</i>	2.90	0.40
<i>Verre</i>	60	0.24
<i>Béton (suivant qualité)</i>	25 ... 45	0.15 ... 0.20
<i>Bois (suivant espèce)</i>	8 ... 13 **	0.45 *
<i>Caoutchouc</i>		0.45 ... 0.50
<i>Zirconium</i>		0.35
<i>Tungstène</i>	406	
* : en compression ** : parallèle aux fibres		
$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$		

Tableau 2.2. - Module d'élasticité E et coefficient de Poisson ν de divers matériaux.

<i>Module d'élasticité E en GPa en fonction de la température</i>																		
<i>Matériau</i>	<i>Température T (°C)</i>	-200	-100	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
<i>Aciers non alliés au C et C-Mn</i>			207	201	196	193	189	187	184	178	170	160						
<i>Aciers alliés au Ni (Ni < 3.5 %)</i>			202	192	187	184	180	178	175	171	167	163	157					
<i>Aciers alliés au Cr-Mo (Cr < 2 %)</i>			209	205	200	196	193	190	187	183	179	174	166	155				
<i>Aciers alliés au Cr-Mo (2 % < Cr < 3 %)</i>			215	211	205	203	199	196	192	189	184	179	171	160	140			
<i>Aciers alliés au Cr-Mo (3 % < Cr < 9 %)</i>			216	213	207	205	200	198	194	190	184	176	171	165	158	150		
<i>Aciers alliés au Cr (12 % < Cr < 27 %)</i>		212	207	201	196	192	189	185	181	178	174	166	158	140	125	100		
<i>Inox austénitiques et réfractaires</i>		210	204	195	190	186	183	179	175	173	169	164	160	156	150	143	137	127
<i>Nickel</i>				207	202	199	197	194	192	190	186	182	179					
<i>Aluminium et alliages</i>		78	75	70	67	65	62	56	50									
<i>Cuivre</i>		117	114	110	108	106	104	102	99	96	93							
<i>Cuivre-Nickel (10 % < Ni < 30 %)</i>		142	136	130	127	124	122	119	116	113	109							
<i>Laitons</i>		104	101	97	95	93	90	88	85	82	80							
<i>Bronzes</i>		98	94	90	88	86	83	81	79	76	74							
<i>Titane</i>				107	104	100	95	92	87	83	79							
<i>Zirconium</i>				106	98	93	88	83	78	73	68	63	58					

Tableau 2.3. - Module d'élasticité E en GPa en fonction de la température.

Coefficients de sécurité en usage en construction mécanique	
$S = 1.2 \dots \underline{1.5} \dots 2.5$	Intervalle habituel pour la construction mécanique et métallique (matériaux ductiles) (<i>vis-à-vis de la limite élastique</i>)
$S = 1.5$	- Dans le cas de pièces de construction très légère, par exemple dans certaines techniques avancées ou l'on accepte de prendre des risques. - Pour les systèmes dont on a une connaissance parfaite : <i>exemple</i> : un récipient de forme (très) simple. - Dans les systèmes où, au départ, on a fait des hypothèses très défavorables : <i>exemple</i> : pour le calcul d'un pylône ou l'on a fait l'hypothèse d'une rupture des câbles qui se produirait d'un seul et même côté du pylône.
$S = 2 \dots 3$	- Dans des constructions qui doivent être légères, <i>exemple</i> : pour l'aviation. - Au cas où des hypothèses défavorables ont été faites, <i>exemple</i> : un engrenage où le contact ne s'effectuerait que sur une seule dent.
$S = 3 \dots 4$	- Dans les constructions bien étudiées ou connues par l'expérience, (aussi avec la notion de sécurité par rapport aux personnes) : <i>exemple</i> : les éléments de chaudières, réservoirs sous pression, machines outils.
$S = 4 \dots 5$	- Dans les "bonnes constructions habituelles" : <i>exemple</i> : camions, autos, engins de manutention;
$S = 5 \dots 8$	- Dans le cas où au départ, on aurait fait des hypothèses favorables sur le système : <i>exemple</i> : si on a négligé, ou si on n'a pas pu calculer les concentrations de contraintes. - Dans le cas où on procède à un calcul sommaire.
$S = 6 \dots 7$	- <i>Exemple</i> : concasseurs, laminoirs, presses.
$S = 8 \dots 12$	- Dans le cas où on a affaire à des efforts dynamiques mal définissables : <i>exemple</i> : rails de chemin de fer, bâti de presse, ... - Dans le cas où l'on utilise de mauvais matériaux, par exemple, de la fonte sollicitée en traction.
$S = 10 \dots 12$	- <i>Exemple</i> : ascenseurs, transports de personnes, câbles.
$S = 1.5 \dots \underline{2} \dots 2.5$	Intervalle habituel pour les matériaux fragiles (<i>vis-à-vis de la limite de rupture</i>)
$S = 10$	Coefficient habituel pour le bois (<i>vis-à-vis de la limite de rupture</i>)
$S = 3 \dots \underline{3.5} \dots 5$	Lors d'un calcul au flambage ou au voilement (<i>vis-à-vis de la limite élastique</i>)
$S_{fat} = 1.5$	Lors de calculs à la fatigue → <i>contrainte répétée</i>
$S_{fat} = 3$	→ <i>contrainte alternée</i>

Tableau 2.4. - Coefficients de sécurité en usage en construction mécanique.

Coefficient de choc k_c (<i>S'ils ne sont pas pris en compte dans le coefficient de sécurité</i>)	
<i>Machines à rotation régulière, moteurs électriques, ventilateurs, pompes centrifuges</i>	1 ... 1.2
<i>Machines à pistons, métiers à tisser, machines-outils rotatives, appareils de levage</i>	1.2 ... 1.5
<i>Tamis et transporteurs à secousses, cisailles, presses, broyeurs</i>	1.5 ... 2
<i>Machines agissant avec chocs, laminoirs</i>	2 ... 3

Tableau 2.5. - Coefficient de choc k_c .

CHAPITRE 3. TRACTION - COMPRESSION

Coefficient de dilatation linéaire α en $1/^\circ\text{C}$ (Les valeurs du tableau sont à multiplier par : 10^{-6})			
Matériaux	α	Matériaux	α
Aluminium	23.7	Epoxyde	55.0
Aciers	12.0	Nylon 6-6	80.0
Aciers Inox	17.3	Nylon 6-6 +33 %	
Fonte grise	12.0	fibres de verre	20.0
Cuivre	16.0	Polyéthylène	100.0
Laiton	18.9	Polyéthylène +33 %	
Bronze ordinaire	12.0	fibres de verre	48.0
Plomb	29.0	Polystyrène	70.0
Magnésium	23.0	Al_2O_3	6.7
Zinc	30.0	ZrO_2 stabilisé	10.6
Nickel	13.1	SiC	4.3
Tungstène	4.5	Si_3N_4	3.3
Invar (Fe+36 %Ni)	1.5	Granite	8.7
Silicium	3.0	Grès	17.1
Verre	9.0	Béton	12.0

Tableau 3.1. - Coefficients de dilatation linéaire.

Classe de boulon	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	14.9
R_e (N/mm ²) ($f_{y,b}$)	180	240	320	300	400	480	640	720	900	1080	1260
R_m (N/mm ²) ($f_{u,b}$)	300	400	400	500	500	600	800	900	1000	1200	1400

Tableau 3.2. - Classe de qualité des vis - boulons.

Diamètre de la vis (métrique) d (mm)	Pas p (mm)	Diamètre du noyau d_1 (mm)	Diamètre théorique à flanc de filet d_2 (mm)	Section de tension A_t (mm ²)
6	1	4.77	5.35	20.1
8	1.25	6.47	7.19	36.6
10	1.5	8.16	9.03	58.0
12	1.75	9.85	10.86	84.3
14	2	11.55	12.70	115.4
16	2	13.55	14.70	156.7
18	2.5	14.93	16.38	192.5
20	2.5	16.93	18.38	244.8
22	2.5	18.93	20.38	303.4
24	3	20.32	22.05	352.5
27	3	23.32	25.05	459.4
30	3.5	25.71	27.73	560.6
33	3.5	28.71	30.73	693.6
36	4	31.09	33.40	816.7
39	4	34.09	36.40	975.8
42	4.5	36.48	39.08	1120.9
45	4.5	39.48	42.08	1306.0
48	5	41.87	44.75	1473.2
52	5	45.87	48.75	1757.9

Tableau 3.3. - Caractéristiques géométriques des vis.

Classe	M 4 à M 8	M 10 à M 16	M 18 à M 30
8.8 - 12.9	60 N/mm ²	50 N/mm ²	40 N/mm ²

Tableau 3.4. - Contraintes dynamiques admissibles pour une contrainte statique moyenne $\sigma_m = 0.7 R_e$

Matériaux		Pression admissible de matage en MPa	
<i>Acier</i>	<i>Recuit</i>	$0.16 < C\% < 0.22$	240 à 300
		$0.35 < C\% < 0.40$	280 à 500
		$0.42 < C\% < 0.48$	320 à 600
<i>trempe + revenu</i>		$R_m > 900 \text{ MPa}$	750 à 900
		$R_m > 1200 \text{ MPa}$	1100 à 1300
<i>cémenté</i>		$e \approx 0.6 \text{ mm}$	1300 à 1500
		$e \approx 1.6 \text{ mm}$	1600 à 1800
<i>Acier inoxydable (X8CrNiS18.9 = Z10CN 18.09)</i>		210	
<i>Acier structuraux</i>		400 à 700	
<i>Acier NiCr austénitique</i>		460 à 860	
<i>Fonte</i>		450 à 550	
<i>Fonte à graphite sphéroïdal</i>		600 à 900	
<i>Alliage d'aluminium (forgé)</i>		230 à 260	
<i>Alliage d'aluminium (moulé)</i>		220 à 380	
<i>Alliage de magnésium</i>		180 à 210	
<i>Alliage de titane</i>		890	
<i>Composite</i>		120	
<i>St37 (acier doux)</i>		300	
<i>St50 (acier mi-dur)</i>		500	
<i>C45v (acier traité)</i>		900	
<i>CDMgA19 (fonte alliée)</i>		200	
<i>GKMgA19 (fonte alliée)</i>		200	
<i>GKAlSi6Cu4 (fonte alliée)</i>		300	
<i>GG22 (fonte lamellaire)</i>		1000	
Pression de matage pour galets sur rail (Ponts roulants ou chariots en charge dynamique)			
<i>Acier sur fonte grise</i>		2 à 3	
<i>Acier sur acier</i>		4 à 8	
Pression de matage pour les vis-écrous (Système de transformation de mouvement en charge dynamique)			
<i>Acier sur fonte grise</i>		2 à 5	
<i>Acier sur bronze</i>			
<i>- utilisation courante</i>		5 à 10	
<i>- pour les machine-outils(*)</i>		0.5 à 2	
<i>Acier cémenté trempé sur bronze</i>		10 à 20	
(*) Dans les cas de machines-outils : valeurs très faibles car les systèmes vis-écrou qui fonctionnent sous charge doivent assurer une grande fidélité au cours d'un intervalle de temps important.			

Tableau 3.5. - Pression admissible de matage.

Coefficient de dilatation linéaire α (en $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) en fonction de la température (Valeur moyenne entre 20 °C et la température T °C)																					
Matériau		Température T (°C)	-200	-100	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750		
Aciers	Aciers non alliés au C et C-Mn Aciers alliés au Ni (Ni < 3.5 %) Aciers alliés au Cr-Mo (Cr < 2 %)			9.9	10.9	11.5	11.9	12.3	12.6	12.9	13.3	13.6	13.9	14.2	14.4						
	Alliés au Cr-Mo	Aciers alliés au Cr-Mo (2 % <Cr< 3 %)		10.5	11.6	12.1	12.4	12.7	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0	14.1	14.2					
		Aciers alliés au Cr-Mo (3 % <Cr< 9 %)		9.4	10.3	10.9	11.1	11.4	11.7	11.9	12.2	12.4	12.7	12.9	13.0	13.2	13.3				
		Aciers alliés au Cr (12 % < Cr < 27 %)	7.7	8.5	9.4	9.9	10.2	10.4	10.7	10.9	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0	12.1	12.2				
	Inoxydables austénitiques		14.7	15.5	16.4	16.8	17.1	17.3	17.4	17.6	17.8	17.9	18.2	18.4	18.6	18.7	18.9	19.0	19.1		
	Réfractaires austénitiques		11.4	12.3	13.5	14.1	14.3	14.5	14.8	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5		
Alliages de Nickel	40Ni-34Fe-21Cr-3Mo-2Cu (Incoloy825)				12.2	12.7	13.1	13.5	13.8	14.1	14.3	14.5	14.7	14.9	15.1						
	72Ni-16Cr-8Fe (Inconel 600 - Haynes 600) 58Ni-21Cr-9Mo-3Nb (Haynes 625) 42Ni-22Cr-20Fe-6Mo (Hastelloy G et G2)				12.9	13.3	13.6	13.8	14.0	14.2	14.4	14.6	14.7	14.9	15.0	15.1	15.2				
	48Ni-22Cr-9Mo-18Fe (HastelloyX - NimonicPE13)				13.3	13.5	13.6	13.8	13.9	14.1	14.2	14.4	14.6	14.8	15.0	15.2	15.4	15.6	15.8		
	35Ni-20Cr (Inconel 800 - Haynes 800)				14.3	14.7	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8	17.0	17.2	17.4		
	65Ni-32Cr (Monel 400 - Haynes 400)	10.9	12.0	13.2	14.0	14.5	14.8	15.1	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1								
	60Ni-28Mo (Hastelloy B2 - Corronel B2)				10.1	10.4	10.6	10.7	10.9	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0						
	55Ni-16Mo-16Cr (HastelloyC4 - C276 - CorronelC4)				11.0	11.4	11.7	12.0	12.3	12.6	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	14.0				
Aluminium et alliages		17.8	19.6	22.0	23.4	23.9	24.4	24.9	25.4												
Cuivre				17.0	17.3	17.5	17.6	17.8	18.1	18.3	18.5										
Cuivre-Nickel (10 % < Ni < 30 %)		11.9	13.3	14.7	15.4	15.7	16.0	16.3	16.6	16.9	17.2										
Laitons		14.8	15.3	16.8	17.6	18.1	18.4	18.8	19.1	19.5	19.9	20.3	20.7	21.0	21.4	21.8					
Bronzes		15.1	15.8	17.2	18.1	18.2	18.4	18.6	18.7	18.9	19.0	19.2	19.3	19.5	19.6	19.8					
Titane				8.2	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0										
Zirconium		2.5	5.25	5.85	6.00	6.12	6.25	6.37	6.50	6.62	6.75	6.87	7.00								

Tableau 3.6. - Coefficient de dilatation linéaire α (en $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) en fonction de la température .

<i>Evaluation globale des facteurs potentiels de défaillance et des conséquences d'une défaillance éventuelle</i>		<i>Faible</i>	<i>Moyenne à importante</i>	<i>Très importante</i>
<i>Contrainte nominale de calcul σ_{adm}</i>	<i>Aciers - Aluminium et alliages d'aluminium</i>	$\min \left\{ \frac{R_{p0.2}}{1.5}; \frac{R_m}{2.4} \right\}$	$\min \left\{ \frac{R_{p0.2}}{1.5}; \frac{R_m}{2.4} \right\}$	$\min \left\{ \frac{R_{p0.2}}{1.6}; \frac{R_m}{2.7} \right\}$
	<i>Aciers inoxydables austénitiques</i>	$\min \left\{ \frac{R_{p1.0}}{1.2}; \frac{R_m}{3} \right\}$	$\min \left\{ \frac{R_{p1.0}}{1.2}; \frac{R_m}{3} \right\}$	$\min \left\{ \frac{R_{p1.0}}{1.3}; \frac{R_m}{3.25} \right\}$
<i>Coefficient de soudure z</i>		$z = 1$	$z = 0.85$	$z = 0.7$

Tableau 3.7. - CODAP : Contraintes admissibles et coefficients de soudure.

CHAPITRE 5. CISAILLEMENT (technologique)

<i>Dimensions normalisées des clavettes parallèles</i>											
<i>d</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>j</i>	<i>k</i>
de 6 à 8 inclus	2	2	0.16	$d - 1.2$	$d + 1$	58 à 65	18	11	0.6	$d - 7$	$d + 4.4$
8 à 10	3	3	0.16	$d - 1.8$	$d + 1.4$	65 à 75	20	12	0.6	$d - 7.5$	$d + 4.9$
10 à 12	4	4	0.16	$d - 2.5$	$d + 1.8$	75 à 85	22	14	1	$d - 9$	$d + 5.4$
12 à 17	5	5	0.25	$d - 3$	$d + 2.3$	85 à 95	25	14	1	$d - 9$	$d + 5.4$
17 à 22	6	6	0.25	$d - 3.5$	$d + 2.8$	95 à 110	28	16	1	$d - 10$	$d + 6.4$
22 à 30	8	7	0.25	$d - 4$	$d + 3.3$	110 à 130	32	18	1	$d - 11$	$d + 7.4$
30 à 38	10	8	0.4	$d - 5$	$d + 3.3$	130 à 150	36	20	1.6	$d - 12$	$d + 8.4$
38 à 44	12	8	0.4	$d - 5$	$d + 3.3$	150 à 170	40	22	1.6	$d - 13$	$d + 9.4$
44 à 50	14	9	0.4	$d - 5.5$	$d + 3.8$	170 à 200	45	25	1.6	$d - 15$	$d + 10.4$
50 à 58	16	10	0.6	$d - 6$	$d + 4.3$	200 à 230	50	28	1.6	$d - 17$	$d + 11.4$

Nota : emploi d'une clavette, sur un arbre de dimension supérieure, est possible.

Tableau 5.1. - Dimensions des clavettes normalisées.

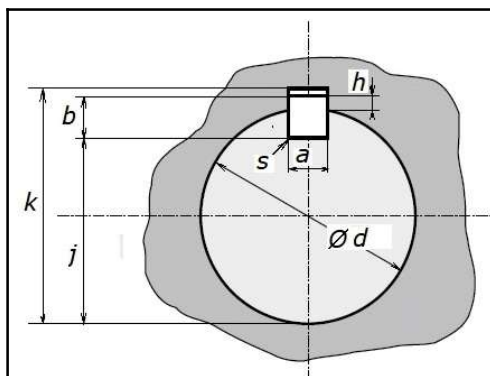


fig. 5.1. - Dimensions d'une clavette parallèle.

Valeurs couramment admises pour la pression admissible au matage des clavettes longitudinales ($p_{adm\ mat}$ en N/mm^2)	
<i>Clavetage fixe</i>	(a) 40 à 70 (b) 60 à 100 (c) 80 à 150
<i>Clavetage glissant sans charge</i>	(a) 15 à 30 (b) 20 à 40 (c) 30 à 50
<i>Clavetage glissant avec charge</i>	(a) 3 à 10 (b) 5 à 15 (c) 10 à 20
(a) : Conditions de fonctionnement plutôt mauvaises : chocs, grandes tolérances, etc... (b) : Conditions de fonctionnement moyenne (avant-projet) (c) : Bonnes conditions de fonctionnement : ajustement parfait, aucun choc, etc... <i>Remarque</i> : au dessus de $250 N/mm^2$ le matage est important.	

Tableau 5.2. - Pression admissible de matage pour un clavetage longitudinal libre.

<i>Matière du rivet</i>	$\tau_{adm\ rivet}$ <i>N/mm²</i>
<i>Acier A48</i>	150...200
<i>Z 12 N 05f</i>	320
<i>Cuivre rouge</i>	150
<i>Laiton</i>	100
<i>Aluminium</i>	100

Tableau 5.3. - Ordre de grandeur des contraintes admissibles de cisaillement pour un rivet.

<i>Quelques valeurs de résistance au cisaillement $\tau_{rupt\ cis}$ de différentes colles</i>		
<i>Loctite 601</i>	Fixation et freinage puissant de bagues, roulements, clavettes	17 ... 22 <i>N/mm²</i>
<i>Loctite 641</i>	Fixation et freinage de puissance moyenne de bagues, roulements, clavettes	8 ... 12 <i>N/mm²</i>
<i>Loctite 638</i>	Assemblage puissant d'éléments cylindriques lisses qui doivent subir des efforts dynamiques	25 ... 30 <i>N/mm²</i>
<i>Loctite IS415</i>	Colle métal sur métal, caoutchouc, plastique	20 ... 25 <i>N/mm²</i>
<i>Loctite IS495</i>	Idem Loctite IS415	12 ... 17 <i>N/mm²</i>

Tableau 5.4. - Contrainte admissible dans les colles Loctite.

<i>Type d'acier</i>	R_e <i>N/mm²</i>	$\tau_{e\ MB}$ <i>N/mm²</i> $= 0.58 R_e$	<i>Métal de base</i>		
			$\tau_{adm\ MB} = \frac{\tau_{e\ MB}}{S} \text{ N/mm}^2$		
			Cas I	Cas II	Cas III
<i>S235 (St37)</i>	235	136	$S = 1.5$ 90	$S = 1.33$ 102	$S = 1.0$ 136
<i>S355 (St52)</i>	355	204	$S = 1.73$ 118	$S = 1.53$ 133	$S = 1.15$ 177

Tableau 5.5. - Contrainte admissible dans les soudures suivant l'ancienne norme NBN.

La NBN B 51-001 (1977) est la norme fondamentale de calcul des structures en acier. Elle considère 3 cas différents de sollicitation qui sont :

- Cas I : poids propre + charges d'exploitation + neige
- Cas II : poids propre + charges d'exploitation + vent max. normal
poids propre + opérations (chargement - transport - montage) + neige ou vent max. normal
- Cas III : poids propre + charges d'exploitation + vent max. exceptionnel
poids propre + charges d'exploitation + séisme + + neige ou vent max. normal.

<i>Nuance d'acier</i>	f_y <i>MPa</i>	f_u <i>MPa</i>	γ_{Mw}	β_w
<i>S235</i>	235	360	1.25	0.80
<i>S275</i>	275	430	1.30	0.85
<i>S355</i>	375	510	1.35	0.90
<i>S420</i>	420	520	1.25	1.00
<i>S460</i>	460	550	1.25	1.00

Tableau 5.6. - Valeurs des coefficients β_w et γ_{Mw} .

CHAPITRE 6. TORSION

<i>Comparaison, du point de vue résistance / poids, de différentes sections en torsion w_t, flexion w_f et flambement w_{fb}</i>			
Section	$w_t = \frac{W_t}{\sqrt{A^3}}$	$w_f = \frac{W_f}{\sqrt{A^3}}$	$w_{fb} = \frac{\sqrt{I_{\min}}}{A}$
<i>Circulaire</i>	0.282	0.141	0.282
<i>Annulaire</i> $d_{int}/d_{ext} =$			
	0.7	0.589	0.294
	0.8	0.771	0.386
	0.9	1.171	0.586
<i>Rectangulaire</i> $b/h =$			
	3	0.154	0.096
	2	0.174	0.118
(carré). . .	1	0.208	0.167
	1/2	0.174	0.236
	1/3	0.154	0.289
<i>HEA</i> 100 \Rightarrow 450	0.05 ... 0.08	0.490 ... 1.733	0.55 ... 0.73
<i>IPE</i>	0.05 ... 0.06	0.947 ... 1.576	0.37 ... 0.46
<i>IPN</i>	... 0.06 ...	0.934 ... 1.160	0.27 ... 0.33

Tableau 6.2. - Comparaison résistance / poids de différentes sections.

k_d	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$k_{g\tau}$	0.01	0.03	0.06	0.10	0.16	0.22	0.30	0.40	0.53
$k_{g\theta}$	0.01	0.04	0.09	0.15	0.23	0.31	0.41	0.53	0.68

Tableau 6.3. - Gain de poids pour une même contrainte $k_{g\tau}$ ou une même déformation $k_{g\theta}$ (arbre creux par rapport à l'arbre plein).

CHAPITRE 7. FLEXION

Coefficient de forme k_τ (Cisaillement)	
<i>Section rectangulaire</i>	3/2
<i>Section carrée</i>	3/2
<i>Section circulaire</i>	4/3
<i>Section annulaire mince</i>	2
<i>Section triangulaire</i>	3/2

Tableau 7.1. - Coefficient de forme - cisaillement.

Flèches admissibles f_{adm} rapportées à la portée L de la poutre		
<i>Conditions</i>	w_{max}	w_3
Poutres en général	$L/200$	$L/300$
Planchers en général (solives,...)	$L/200$	$L/300$
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides	$L/250$	$L/350$
Planchers et toitures supportant des poteaux, murs...	$L/400$	$L/500$
Toitures en général	$L/200$	$L/250$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que du personnel d'entretien	$L/200$	$L/300$
Cas où w_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment	$L/250$	-
<i>Remarque</i> : Pour les poutres en porte-à-faux, la longueur L à considérer est égale à $2 \times$ la longueur du porte-à-faux.		
Poutres de roulement et fermes :		
a) pont manoeuvré à bras, poutres roulantes	$L/500$	
b) ponts roulants ($Q \leq 50$ T)	$L/600$	
c) ponts roulants ($Q > 50$ T)	$L/750$	
Monorail	$L/400$	
Poutres des passerelles d'un bâtiment industriel :		
a) en l'absence de rails de roulement :		
- poutres maîtresses	$L/400$	
- autres poutres	$L/250$	
b) en présence d'un chemin de roulement	$L/600$	

Tableau 7.2. - Valeurs limites recommandées pour les flèches verticales.

Caractéristiques de différents bois				
Espèces de bois		Contraintes N/mm²		N/mm²
		R_e	R_m	E
<i>Chêne</i>	//	23	100	11000
	⊥	-	12	1600
<i>Hêtre</i>	//	-	117	6200
<i>Pin</i>	//	16	80	9000
	⊥	-	5	-
<i>Sapin</i>	//	20	70	10000
<i>Sapin du nord</i>	//	-	110	-
<i>Pitchpin</i>	//	-	140	-
<i>Bambou</i>	//	-	45	-

Tableau 7.3. - Caractéristiques mécaniques générales de différents bois.

Largeur → Epaisseur (mm)	27	40	63	75	100	115	125	150	160	175	200	225
15	X	X		X								
18			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
22				X	X	X	X	X	X	X	X	
27	X	X			X	X		X		X	X	X
32			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
38			X	X	X	X	X	X		X	X	X
50					X	X	X	X	X	X	X	X
63				X	X		X	X	X	X		
75				X	X			X		X	X	X
100					X					X	X	
115						X						
125							X					
150								X				
200											X	
225												X

Tableau 7.4. - Dimensions standardisées des pièces de bois.

Surcharges surfaciques des planchers en kN/m²	
Locaux privés (immeubles d'habitation)	2.0
Locaux publics (bureaux)	3.0
Locaux accessibles au public (banques, grands magasins, ...)	4.0
Salles de cours ordinaires	3.0
Salles de cours spéciaux (laboratoires, gymnastique, ...)	5.0
Salles de réunions, salle de danse non munie de sièges fixes, tribunes de sports	6.0
Théâtres, cinémas, ...	4.0
Escaliers et corridors :	
a) maisons d'habitations	2.5
logements individuels	4.0
logements multiples	5.0
b) bureaux, écoles, salles de réunions, théâtres, etc...	5.0
Locaux pour archives, magasins de librairie. Suivant le cas : minimum	
Toitures, terrasses (neige comprise)	
a) accessibles pour l'entretien	1.0
b) accessibles privées	2.0
c) accessibles au public	5.0
Balcons de maisons d'habitation	5.0

Tableau 7.5. - Surcharges surfaciques des planchers (en l'absence de normes).

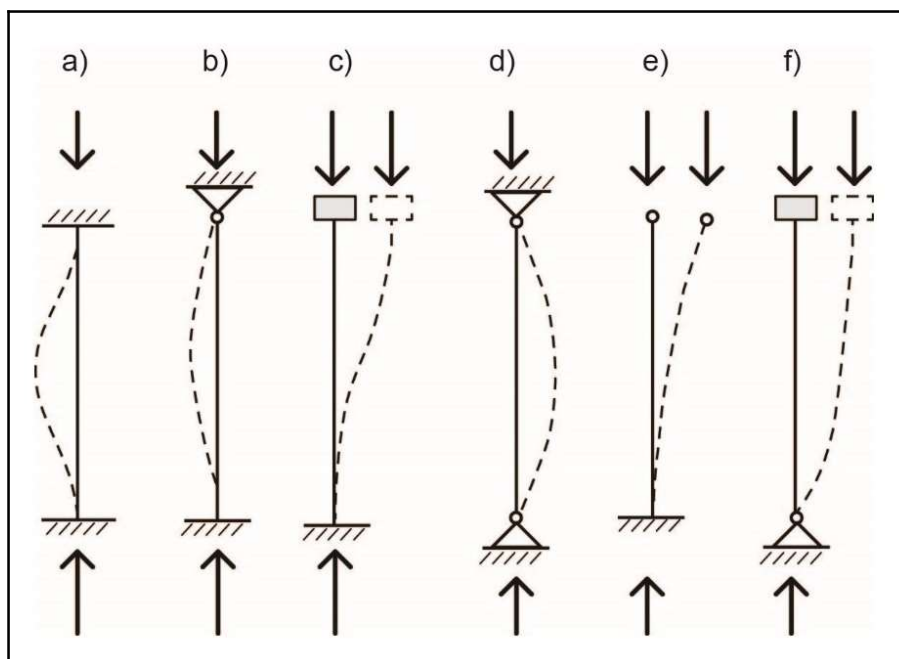
Dimensions normalisées d'un engrenage profil métrique ISO	
<i>Module (en mm)</i>	m
<i>Diamètre primitif</i>	$d = m Z$
<i>Pas</i>	$p = m \pi$
<i>Saillie</i>	$h_a = m$
<i>Creux</i>	$h_f = 1.25 m$
<i>Hauteur de dent</i>	$h_a + h_f = 2.25 m$
<i>Diamètre de tête</i>	$d_a = d + 2 h_a = d + 2 m$
<i>Diamètre de pied</i>	$d_f = d - 2 h_f = d - 2.5 m$
<i>Largeur de denture</i>	$b = K m$
<i>Coefficient de qualité de l'engrènement</i>	$7 \leq K \leq 12$
<i>Entr'axe (entre 2 roues)</i>	$a = (d_1 + d_2)/2$
<i>l'indice "a" signifie de tête</i>	<i>l'indice "f" signifie de pied</i>

Tableau 7.6. - Dimensions normalisées d'un engrenage profil métrique ISO.

<i>Valeurs du module m en mm</i>					
<i>Principales</i>			<i>Secondaires</i>		
0.5	2.5	12	0.55	2.75	14
0.6	3	16	0.7	3.5	18
0.8	4	20	0.9	4.5	22
1	5	25	1.125	5.5	28
1.25	6	32	1.375	7	36
1.5	8	40	1.75	9	45
2	10	50	2.25	11	

Tableau 7.7. - Valeurs normalisées des modules des engrenages.

CHAPITRE 8. NOTION DE STABILITÉ : FLAMBEMENT

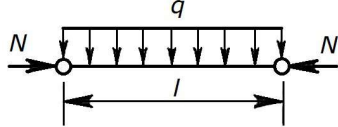
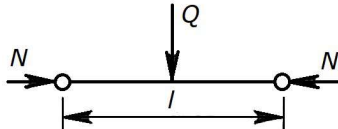
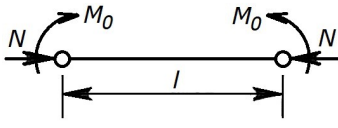
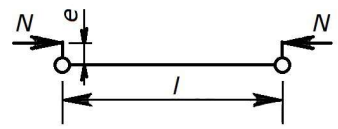
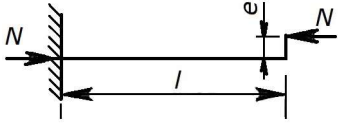
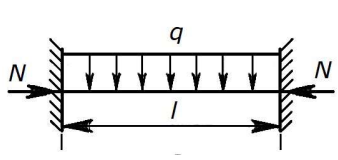


Coefficient k_f de réduction de la longueur de flambement		
	<i>Valeurs théoriques</i>	<i>Valeurs recommandées</i>
a) Bi-encastree	0.5	0.7
b) Encastree - articulée	0.7	0.8
c) Encastree - libre (guidé)	1.0	1.2
d) Bi-articulée	1.0	1.0
e) Encastree - libre	2.0	2.2
f) Articulé - libre (guidé)	2.0	2.2

Tableau 8.1. - Coefficient de réduction.

Quelques valeurs de l'élancement limite d'Euler $\lambda_{lim Euler}$	
S235	93.91
S275	86.81
S355	76.41
S420	70.25
S460	67.12
Fonte	... 80 ...
Bois	100 ... 110

Tableau 8.2. - Elancement limite d'Euler.

<i>Appuis</i>	<i>Cas de charges</i>	$M_{0\max}$ (<i>position</i>)	<i>Coefficient d'amplification des moments r</i>	f_{\max} (<i>position</i>)
<i>Bi-articulé</i>	a 	$q \frac{l^2}{8}$ (centre)	$\frac{2}{t^2} \left(\frac{1}{\cos t} - 1 \right)$	$\left(\frac{5}{384} \frac{q l^4}{E I} \right) \frac{12 (2 \sec t - 2 - t^2)}{5 t^4}$ (centre)
	b 	$Q \frac{l}{4}$ (centre)	$\frac{\tan t}{t}$	$\left(\frac{1}{48} \frac{Q l^3}{E I} \right) \frac{3 (\tan t - t)}{t^2}$ (centre)
	c1 	M_0 (centre)	$\frac{1}{\cos t}$ ou $\sec t$	$\left(\frac{1}{8} \frac{M_0 l^2}{E I} \right) \frac{2 (1 - \cos t)}{t^2 \cos t}$ (centre)
	c2 	$N e$ (centre)		$\left(\frac{1}{8} \frac{N e l^2}{E I} \right) \frac{2 (1 - \cos t)}{t^2 \cos t}$ (centre) ou $e \left(\frac{1 - \cos t}{\cos t} \right)$
<i>Libre-encastré</i>	d 	$N e$ (encastrement)	$\frac{1}{\cos(k l)}$	$e \left(\frac{1 - \cos(k l)}{\cos(k l)} \right)$ (extrémité libre)
<i>Bi-encastré</i>	e 	$q \frac{l^2}{24}$ (centre) ----- $q \frac{l^2}{12}$ (encastrement)	$\frac{6}{t^2} \left(\frac{t}{\sin t} - 1 \right)$ ----- $\frac{3}{t^2} \left(\frac{t}{\tan t} - 1 \right)$	$\frac{q}{E I k^4} \left(-t \tan \left(\frac{t}{2} \right) + \frac{t^2}{2} \right)$ (centre)

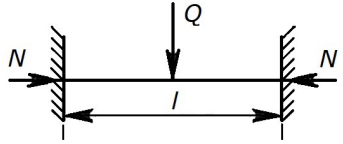
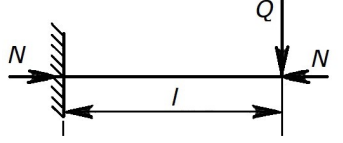
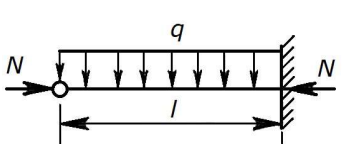
Bi-encastéré	<i>f</i>		$Q \frac{l}{8}$ (centre)	$\frac{\tan t}{t}$	$\frac{Q}{E I k^3} \left(-\frac{\sin^2 t}{\sin(k l)} + \frac{t}{2} \right)$ (centre)
Libre-encastéré	<i>g</i>		$Q l$ (encastrement)	$\frac{\tan(k l)}{k l}$	
Encastéré-articulé	<i>h</i>		$q \frac{l^2}{8}$ (encastrement)	$\frac{4 \tan(2 t)(\tan t - t)}{t(\tan(2 t) - 2 t)}$	
Quelconque	<i>i</i>	Approximation générale	M_0	$1 + \frac{N}{N_{crit Euler} - N}$	
Avec : $k = \sqrt{\frac{N}{E I}}$ [mm^{-1}] ; $t = k \frac{l}{2}$ [-] ; $N_{crit Euler} = \frac{\pi^2 E I}{l_f^2}$ [N]					

Tableau 8.3. - Coefficients d'amplification des moments *r* et flèche correspondante maximale.

CHAPITRE 10. COMPLÉMENTS DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

<i>Quelques valeurs de contrainte admissibles de Hertz</i> p_{adm} (MPa)	
<i>Roulements et butées à billes (contact ponctuel)</i>	4200
<i>Roulements à rotules (contact pseudo-linéique)</i>	4600
<i>Roulements et butées à rouleaux (contact linéique)</i>	4000
<i>Acier à rail</i>	800 ... 1000

Tableau 10.2. - Pression admissible de Hertz.