

Résumé Semaine 10

Tolérancement dimensionnel III

Dr. S. Soubielle

S. Soubielle

1

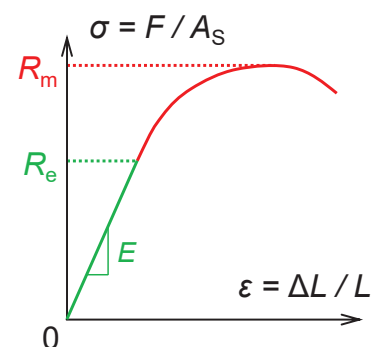
Résumé semaine 10

ME-101 / ME-106 – Construction Mécanique I

Comportement mécanique des solides

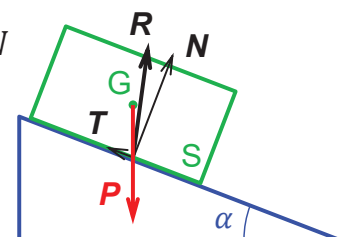
• Loi de déformation des matériaux

- Caractérisée par essai de traction
- Matériaux usuels en constru. méca.
→ comportement **élasto-plastique**
- Domaine élastique → $\sigma = E \cdot \varepsilon$



• Contact frottant entre solides

- **Défini par les lois de Coulomb**
 - Si pas de mvt → $T_{\max} = \tan(\delta_0) \cdot N = \mu_0 \cdot N$
 - Si glissement → $T = \tan(\delta) \cdot N = \mu \cdot N$
- **Caractérise le frottement sec**
 - Valable si pas de phénomènes visqueux
 - Largement utilisé en construction méca. pour prédire les forces



Systemes mécaniques II

Sous-ensembles mobiles,
mécanismes,

Liaisons et schémas cinématiques

Dr. S. Soubielle



Dans ce cours, nous allons...

... Définir ce qu'est un mécanisme

- ... Constitué de plusieurs sous-ensembles de pièces
- ... Mobiles les uns par rapport aux autres
- ... Liés entre eux par des interfaces de contact
- ... Permettant d'empêcher certaines composantes de mouvement

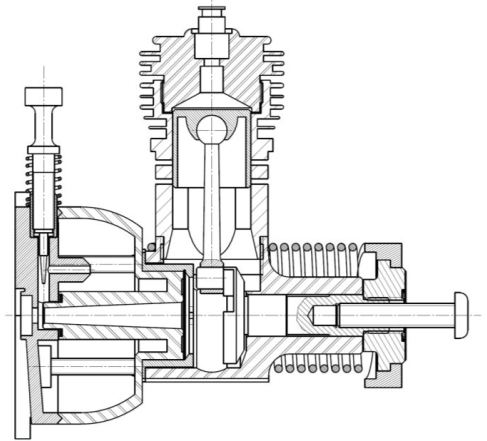
... Présenter le concept de liaison mécanique

- ... Résultant de la combinaison des interfaces de contact
- ... Concept de degré de liberté et de degré de liaison
- ... Présentation des 11 liaisons cinématiques normalisées
- ... Présentation du schéma cinématique

Sous-ensembles de pièces et mécanisme

• Sous-ensemble mobile (SEM)

- Ensemble de pièces en assemblage statique les unes par rapport aux autres
- Peut être mobile ou non par rapport au référentiel
- P.ex. : SEM bloc moteur



• Si plusieurs SEM

- Mouvements (rotations et/ou translations) rendus possibles entre les SEM
- Certaines composantes de mvt sont empêchées / bloquées
 - P.ex. : SEM **arbre de sortie** vs. SEM **bloc moteur**

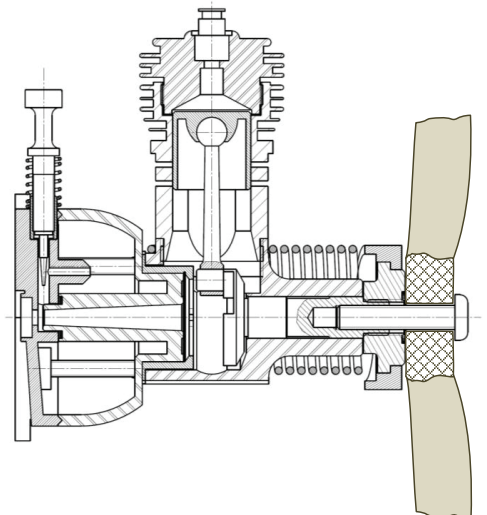
Blocage de mouvement (1/2)

• Par serrage

- Forces de frottement statique
- Blocage total = « liaison statique » entre les pièces / SEM

• Par obstacle

- Présence d'un obstacle physique
- Blocage partiel ou total : certaines composantes de mouvement peuvent être rendues encore possible



• Ex. de la liaison arbre de sortie / hélice (blocage total)

- **Blocage axial par obstacle** → embase à gauche / vis à droite
- **Blocage en rotation par serrage** de la vis
 - Force normale au contact → transmission du couple

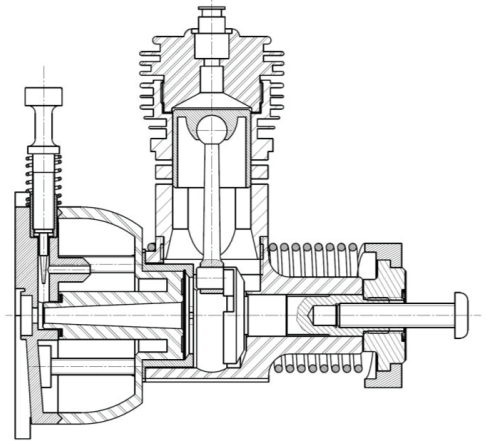
Blocage de mouvement (2/2)

- **Interfaces de contact usuelles**

- Contact plan / plan
- Contact cylindre / cylindre

- **Combinaison de plusieurs interfaces de contact**

- On ne garde que les composantes de mouvement souhaitées
- La solution obtenue est appelée « liaison mécanique »



- **Exemple du micro-moteur**

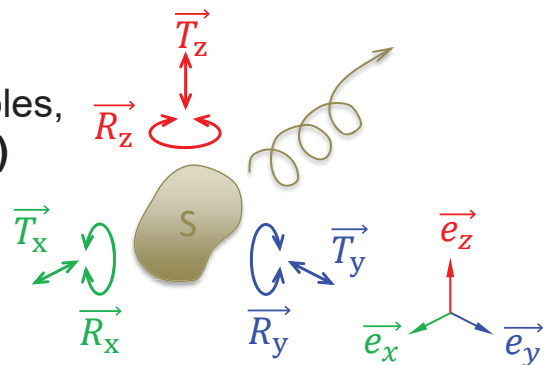
- **SEM arbre vs. SEM bloc moteur** → 1 cyl. / cyl. + 2 plan / plan →
- **Piston vs. SEM bloc moteur** →

Liaison mécanique & cinématique (1/3)

- **Solide libre dans l'espace**

6 composantes de mouvement possibles, appelées « **degrés de liberté** » (DDL)

- 3 translations → T_x, T_y, T_z
- 3 rotations → R_x, R_y, R_z



- **Liaison mécanique**

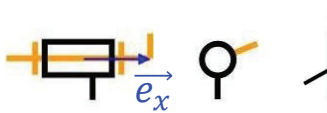
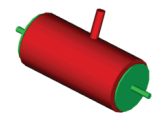
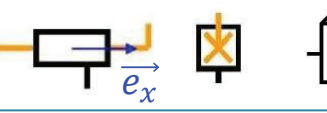
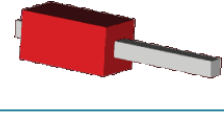
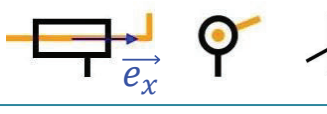
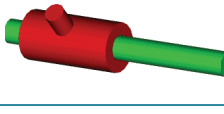
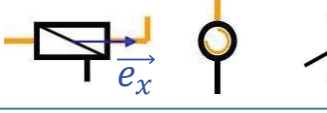
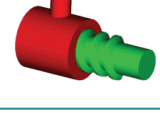

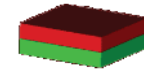
- Chaque interface de contact empêche un ou plusieurs DDL
- Chaque DDL empêché est appelé « **degré de liaison** »

- **Les 11 liaisons cinématiques**

- 11 combinaisons de DDL possibles
- Chaque liaison cinématique possède un symbole normalisé

Liaison mécanique & cinématique (2/3)

• Les 11 liaisons mécaniques (1/2)

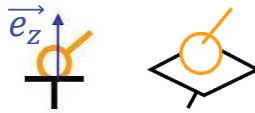
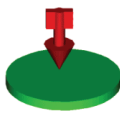
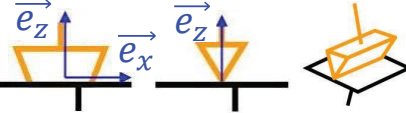
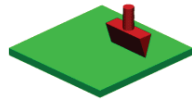

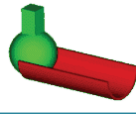

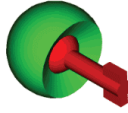

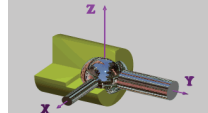
Désignation	Représentation schématisée	Image animée	Degrés de liberté	Degrés de liaison
Pivot (d'axe \vec{e}_x)			R_x	$T_x = T_y = T_z = 0$ $R_y = R_z = 0$
Glissière (de direction \vec{e}_x)			T_x	$T_y = T_z = 0$ $R_x = R_y = R_z = 0$
Pivot glissant (d'axe \vec{e}_x)			T_x R_x	$T_y = T_z = 0$ $R_y = R_z = 0$
Hélicoïdale (d'axe \vec{e}_x et de pas P)			R_x ($=2\pi/P \cdot T_x$)	$T_x = P/2\pi \cdot R_x$ $T_y = T_z = 0$ $R_y = R_z = 0$
Appui plan (de normale \vec{e}_z)			T_x, T_y R_z	$T_z = 0$ $R_x = R_y = 0$

S. Soubielle

7

Liaison mécanique & cinématique (3/3)

• Les 11 liaisons mécaniques (2/2)

Désignation	Représentation schématisée	Image animée	Degrés de liberté	Degrés de liaison
Appui ponctuel (de normale \vec{e}_z)			T_x, T_y R_x, R_y, R_z	$T_z = 0$
Linéaire rectiligne (d'axe \vec{e}_x et de normale \vec{e}_z)			T_x, T_y R_x, R_z	$T_z = 0$ $R_y = 0$
Linéaire annulaire (de direction \vec{e}_x)			T_x R_x, R_y, R_z	$T_y = 0$ $T_z = 0$
Rotule			R_x, R_y, R_z	$T_x = 0$ $T_y = 0$ $T_z = 0$
Rotule à doigt (rotation selon \vec{e}_y bloquée)			R_x, R_z	$T_x = T_y = T_z = 0$ $R_y = 0$

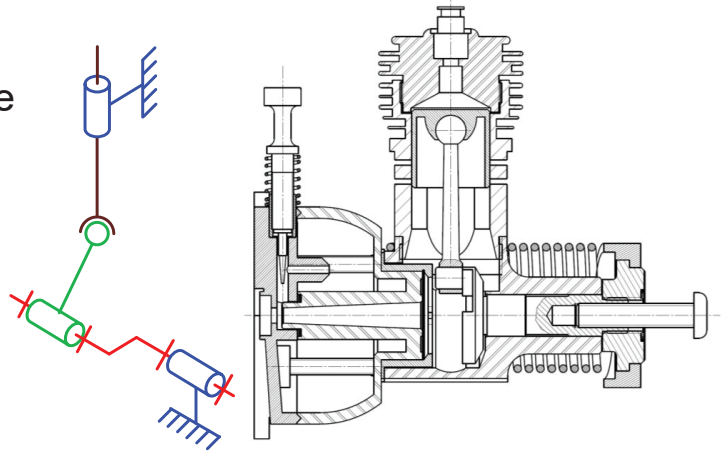
S. Soubielle

8

Schéma cinématique (1/2)

• Principe

- Représentation simplifiée du mécanisme
- 1 couleur par SEM
- Symboles normalisés pour les liaisons mécaniques entre SEM



• Intérêt & utilisation

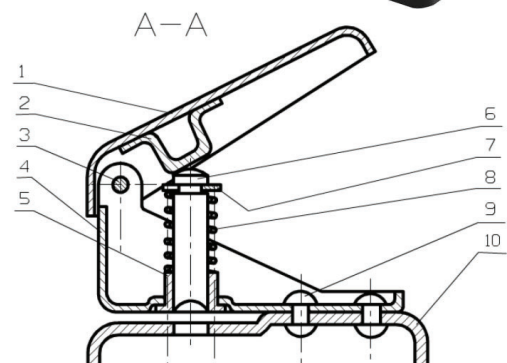
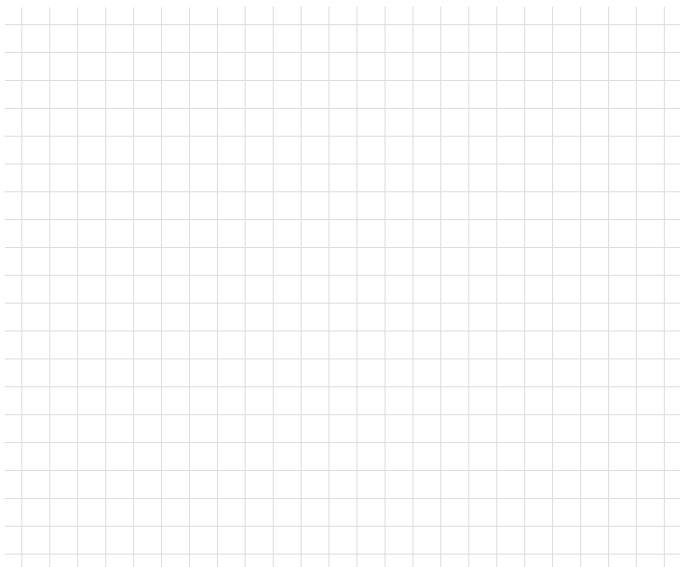
- **Visualisation simplifiée des SEM et des mvts possibles**
 - Outil de compréhension d'un mécanisme existant
 - Outil de conceptualisation lors d'une conception mécanique
- **Paramétrisation des variables cinématiques**
 - Outil d'analyse / de contrôle des mouvements

Schéma cinématique (2/2)



Exercice d'application – perforatrice de bureau

1. Identifier les SEM, puis les liaisons cinématiques entre les SEM
2. Tracer le schéma cinématique



Notes personnelles



Assemblages boulonnés I

Principe, filetage métrique,
procédés de fabrication du filetage

Dr. S. Soubielle



Dans ce cours, nous allons...

... Décrire la fonction d'un assemblage boulonné

- ... Sollicitations mécaniques dans les pièces du boulonnage
- ... Fonctions et caractéristiques du filetage

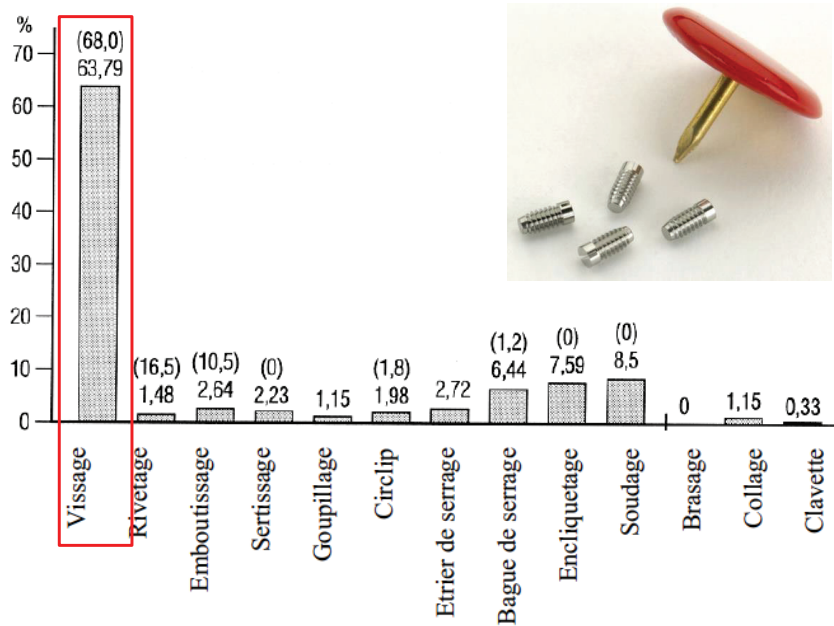
... Définir le filetage normalisé métrique M

- ... Caractéristiques géométriques
- ... Détail des dimensions de filetage

... Décrire les procédés de fabrication du filetage

- ... Pour un filetage extérieur et intérieur
- ... Avec un focus sur les limitations géométriques

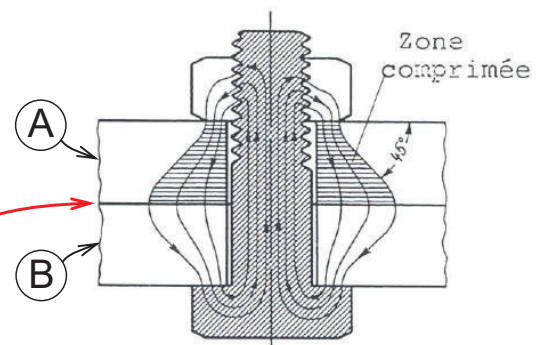
Pourquoi les assemblages boulonnés ?



Fonction = maintien en position

1. Précontrainte de serrage

- Vis sollicitées en traction
- Pièces en sandwich sollicitées en compression
- Création d'une force d'appui N au contact entre A et B



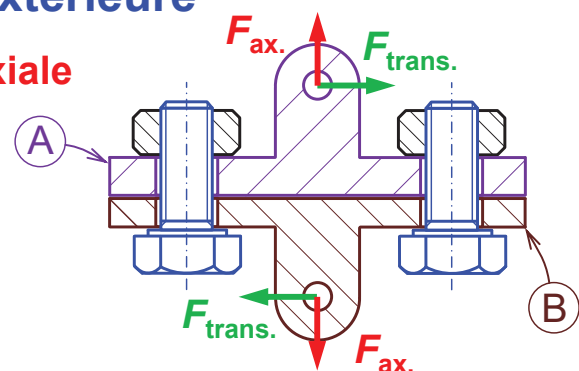
2. Application d'une charge extérieure

- Maintien par obstacle si F_{ext} axiale

(Condition : $F_{ax.} \cdot t_q \cdot N > 0$)

- Maintien par frottement statique si F_{ext} transverse

(Condition : $F_{trans.} < \mu_0 \cdot N$)



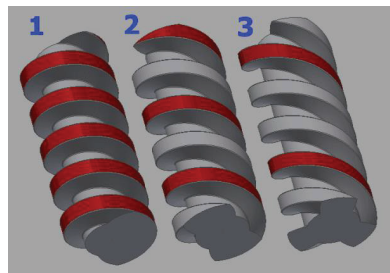
Fonctions et caractéristiques du filetage

• Fonctions du filetage

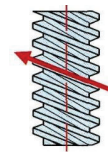
- **Mettre en contact les pièces à assembler**
Rotation → translation (filetage hélicoïdal)
- **Assurer et maintenir la précontrainte de serrage dans l'AB**
Frottements statiques → précontrainte conservée après serrage

• Caractéristiques du filetage

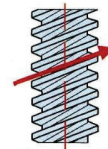
- Forme du filet
- Nombre de filets
- Pas = distance entre deux filets successifs
- Sens du filetage



Filet « à gauche »



Filet « à droite »



© Guide des Sciences et Technologies Industrielle, J.-L. Fanchon ↑

Filetage normalisé métrique M

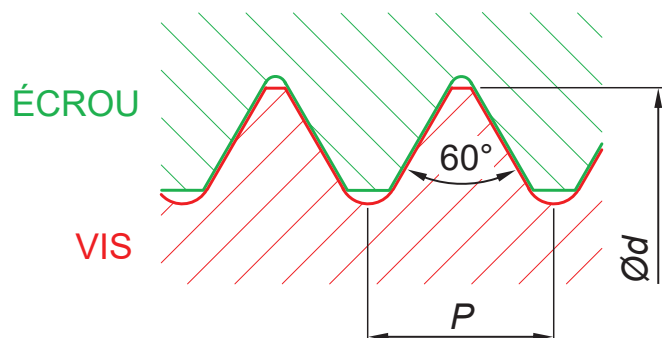
• Caractéristiques générales

- Dimensions en unités SI (mm)
- 1 seul filet → Pas = avance par tour
- Sens d'hélice à droite, par défaut



• Géométrie du filet

- Profil triangulaire
- P = pas
- d = diamètre nominal (= diam. ext. vis)



• Divers

- Taille de pas → dépend du diamètre nominal d
- Existe en deux séries : pas normal et pas fin

Tailles de filetage (pas normal)

- **Notation = M « d »**

Par ex. : M1,2 ; M5 ...

- **Tailles (ISO 262) →**

- **Section résistante A_S**

- Section par laquelle transite la force de traction dans la vis
- À utiliser pour calculer la contrainte de traction

$$\sigma = \frac{F}{A_S}$$

Diamètre nominal [mm] d	Pas [mm] P	Section résistante [mm ²] A_S	Diamètre d'avant-trou [mm] D_B
M1	0,25	0,460	0,75
M1,2	0,25	0,732	0,95
M1,6	0,35	1,27	1,25
M2	0,4	2,07	1,6
M2,5	0,45	3,39	2,05
M3	0,5	5,03	2,5
M4	0,7	8,78	3,3
M5	0,8	14,2	4,2
M6	1	20,1	5
M8	1,25	36,6	6,75
M10	1,5	58,0	8,5

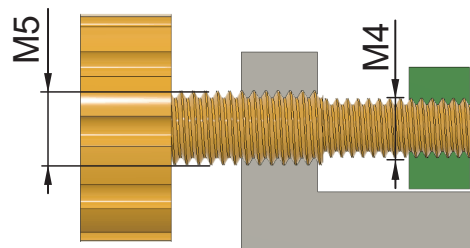
Exercice d'application



Soit la vis différentielle ci-contre, équipée d'un premier filetage en taille M5 et d'un deuxième en taille M4.

La rotation de l'écrou (en vert) est empêchée mais pas sa translation.

Calculer le déplacement de l'écrou (pièce verte) pour chaque tour de vis.

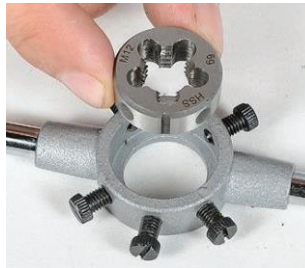


Fabrication et design du filetage (1/3)

• Filetage extérieur (1/2)

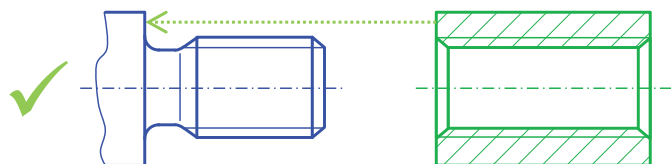
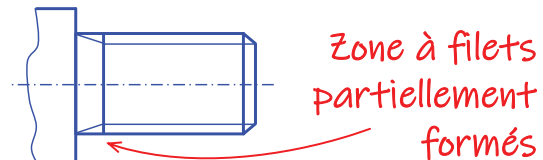
– Modes d’obtention

- Filière + porte-filière (opération manuelle)
- Burin de filetage (tournage)



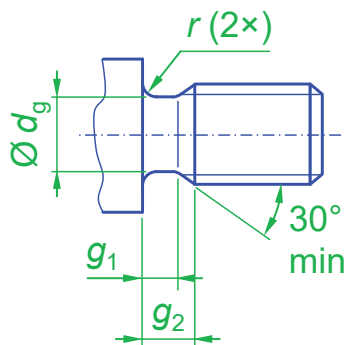
– Limitation géométrique

- Impossible de fileter jusqu’à l’épaulement
- Solution = usinage d’une gorge en fond de filetage



Fabrication et design du filetage (2/3)

• Dimensions de la gorge pour filetage extérieur



Diamètre nominal [mm] <i>d</i>	Gorge pour filetage [mm]					<i>r</i> ≈
	<i>d_g</i> h13	<i>g</i> ₁ min.		<i>g</i> ₂ max.		
		normal	court	normal	court	
M1	<i>d</i> – 0,4	0,55	0,25	0,9	0,6	0,12
M1,2	<i>d</i> – 0,4	0,55	0,25	0,9	0,6	0,12
M1,6	<i>d</i> – 0,6	0,7	0,4	1,2	0,9	0,16
M2	<i>d</i> – 0,7	0,8	0,5	1,4	1	0,2
M2,5	<i>d</i> – 0,7	1	0,5	1,6	1,1	0,2
M3	<i>d</i> – 0,8	1,1	0,5	1,75	1,25	0,2
M4	<i>d</i> – 1,1	1,5	0,8	2,45	1,75	0,4
M5	<i>d</i> – 1,3	1,7	0,9	2,8	2	0,4
M6	<i>d</i> – 1,6	2,1	1,1	3,5	2,5	0,6
M8	<i>d</i> – 2	2,7	1,5	4,4	3,2	0,6
M10	<i>d</i> – 2,3	3,2	1,8	5,2	3,8	0,8

